

7 B.5.32

XII

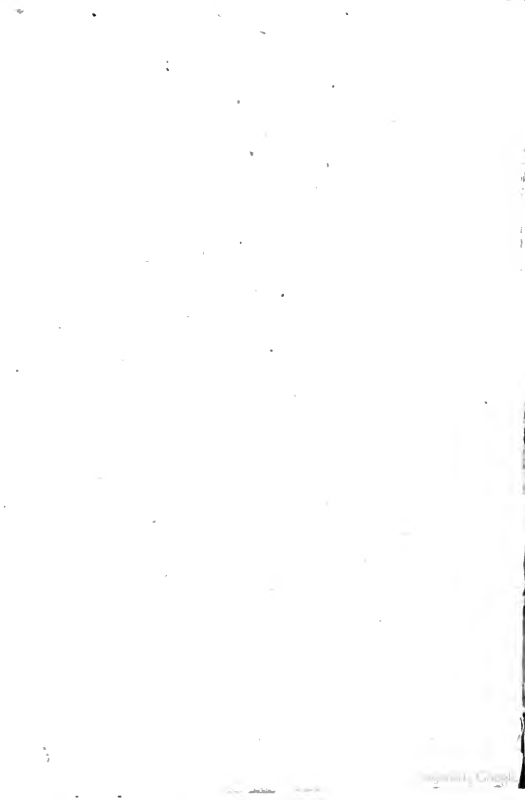
Pulesi

J. I.

1775

---

86





LETTRES  
A UNE PRINCESSE  
D'ALLEMAGNE  
*SUR DIVERS SUJETS*  
DE  
PHYSIQUE ET DE PHILOSOPHIE.

---

*TOME PREMIER.*

---



LONDRES  
CHEZ LA SOCIÉTÉ TYPOGRAPHIQUE.

---

M. DCC. LXX. V.







# TABLE

## DES MATIÈRES

DU

TOME PREMIER.

LETTRE I. De l'étendue.	pag. 1
LETTRE II. De la vitesse.	5
LETTRE III. Du son & de sa vitesse.	8
LETTRE IV. Des consonnances & des dissonances.	12
LETTRE V. De l'unisson & des octaves.	16
LETTRE VI. Des autres consonnances.	20
LETTRE VII. Des douze tons du clavecin.	24
LETTRE VIII. Sur les agrémens d'une belle musique.	29
LETTRE IX. Compression de l'air.	33
LETTRE X. Sur la raréfaction & l'élasticité de l'air.	37
LETTRE XI. Pesanteur de l'air.	41
LETTRE XII. De l'atmosphère & du baromètre.	45
LETTRE XIII. Des fusils à vent, & de l'état de compression de l'air dans la poudre à canon.	49
LETTRE XIV. Effet que la chaleur & le froid produisent sur tous les corps & sur les pyromètres & thermomètres.	52

LETTRE XV. Des changemens que la chaleur & le froid produisent dans l'atmosphère.	55
LETTRE XVI. Raisons du froid qu'on éprouve sur les plus hautes montagnes, & dans les caves les plus profondes.	60
LETTRE XVII. Sur les rayons de la lumière & sur les systèmes de Descartes & de Newton.	64
LETTRE XVIII. Inconvéniens du système de l'émanation.	68
LETTRE XIX. Exposition d'un autre système sur la nature des rayons & de la lumière.	72
LETTRE XX. Sur la propagation de la lumière.	76
LETTRE XXI. Digression sur l'étendue du monde; & sur la nature du soleil & de ses rayons.	81
LETTRE XXII. Eclaircissemens sur la nature des corps lumineux & sur la différence entre ceux-ci & les corps opaques illuminés.	85
LETTRE XXIII. Manière dont les corps opaques nous deviennent visibles; explication du système de Newton, sur la réflexion des rayons.	89
LETTRE XXIV. Examen & réfutation de ce système.	93
LETTRE XXV. Autre explication de la manière dont les corps opaques éclairés sont visibles pour nous.	98
LETTRE XXVI. Continuation de cette explication.	102

LETTRE XXVII. <i>Fin de cette explication, clarté &amp; couleur des corps opaques éclairés.</i>	pag. 106
LETTRE XXVIII. <i>Nature des couleurs en particulier.</i>	III
LETTRE XXIX. <i>Transparence des corps relative au passage des rayons.</i>	II5
<u>LETTRE XXX. <i>Sur le passage des rayons de lumière par les milieux transparents &amp; leur réfraction.</i></u>	<u>II9</u>
<u>LETTRE XXXI. <i>Réfraction des rayons de diverses couleurs.</i></u>	<u>124</u>
<u>LETTRE XXXII. <i>Sur le bleu du ciel.</i></u>	<u>128</u>
<u>LETTRE XXXIII. <i>Sur l'affoiblissement des rayons qui partent d'un point lumineux éloigné &amp; sur l'angle visuel.</i></u>	<u>132</u>
<u>LETTRE XXXIV. <i>Sur ce que le jugement supplée à la vision.</i></u>	<u>136</u>
<u>LETTRE XXXV. <i>Explication de quelques phénomènes relatifs à l'optique.</i></u>	<u>139</u>
<u>LETTRE XXXVI. <i>Sur l'ombre</i></u>	<u>143</u>
<u>LETTRE XXXVII. <i>De la catoptrique &amp; Réflexion des rayons par des miroirs planes.</i></u>	<u>147</u>
<u>LETTRE XXXVIII. <i>Réflexion des rayons par des miroirs convexes &amp; concaves. Des miroirs ardents.</i></u>	<u>151</u>
<u>LETTRE XXXIX. <i>De la dioptrique.</i></u>	<u>155</u>
<u>LETTRE XL. <i>Continuation de la même matière: des verres ardents &amp; de leurs foyers.</i></u>	<u>159</u>

LETTRE XLI. Sur la vision & la structure de l'œil.	pag. 162
LETTRE XLII. Continuation & contemplation des merveilles qu'on découvre dans la structure de l'œil.	166
LETTRE XLIII. Continuation, & différence énorme entre l'œil d'un animal & l'œil artificiel, ou la chambre obscure.	169
LETTRE XLIV. Perfections qu'on découvre dans la structure de l'œil.	173
LETTRE XLV. Sur la gravité, soit pesanteur, considérée comme propriété générale des corps.	176
LETTRE XLVI. Continuation, & gravité spécifique.	179
LETTRE XLVII. Termes & mots relatifs à la pesanteur des corps & au vrai sens qu'on doit leur donner.	183
LETTRE XLVIII. Réponse à quelques objections contre la figure sphérique de la terre tirées de la pesanteur.	187
LETTRE XLIX. Vraie direction & action de la gravité relative à la terre.	191
LETTRE L. Différente action de la gravité, à l'égard des diverses contrées & distances au centre de la terre.	194
LETTRE LI. Gravité de la lune.	198
LETTRE LII. Découverte de la gravitation universelle par le grand Newton.	202
LETTRE LIII. Continuation sur l'attraction mutuelle des corps célestes.	206

LETTRE LIV. <i>Des différens sentimens des philosophes sur la gravitation universelle : sentiment des attractionistes.</i>	pag. 209
LETTRE LV. <i>Force dont les corps célestes s'attirent mutuellement.</i>	213
LETTRE LVI. <i>Sur le même sujet.</i>	215
LETTRE LVII. <i>Sur le même sujet.</i>	219
LETTRE LVIII. <i>Mouvement des corps célestes : méthode de le déterminer par les loix de la gravitation universelle.</i>	223
LETTRE LIX. <i>Système du monde.</i>	226
LETTRE LX. <i>Sur le même sujet.</i>	229
LETTRE LXI. <i>Petites irrégularités qu'on observe dans les mouvemens des planètes causées par leur attraction mutuelle.</i>	233
LETTRE LXII. <i>Description du flux &amp; reflux de la mer.</i>	237
LETTRE LXIII. <i>Différens sentimens des philosophes sur le flux &amp; reflux de la mer.</i>	241
LETTRE LXIV. <i>Explication du phénomène du flux &amp; reflux de la mer par la force attractive de la lune.</i>	245
LETTRE LXV. <i>Continuation.</i>	248
LETTRE LXVI. <i>Continuation.</i>	251
LETTRE LXVII. <i>Continuation.</i>	255
LETTRE LXVIII. <i>Exposition plus détaillée de la dispute des philosophes sur la cause de la gravitation universelle.</i>	259
LETTRE LXIX. <i>Nature &amp; essence des corps ; soit étendue, mobilité &amp; impénétrabilité des corps.</i>	263

LETTRE LXX. <i>Impénétrabilité des corps</i>	pag. 267
LETTRE LXXI. <i>Du mouvement &amp; du corps vrai &amp; apparent.</i>	271
LETTRE LXXII. <i>Du mouvement uniforme &amp; des mouvemens accélérés &amp; retardés.</i>	276
LETTRE LXXIII. <i>Principale loi du mouve- ment &amp; du repos : &amp; sur les disputes des philosophes à cet égard.</i>	280
LETTRE LXXIV. <i>De l'inertie des corps : des forces.</i>	285
LETTRE LXXV. <i>Changemens qui peuvent ar- river dans l'état des corps.</i>	289
LETTRE LXXVI. <i>Système Wolffien des Mo- nades.</i>	293
LETTRE LXXVII. <i>Origine &amp; nature des forces.</i>	297
LETTRE LXXVIII. <i>Sur le même sujet &amp; sur le principe de la moindre action.</i>	301
LETTRE LXXIX. <i>Sur cette question, y a-t-il d'autres espèces de forces.</i>	305

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES  
DU TOME I.

LET-





LETTRES  
ECRITES  
A UNE PRINCESSE D'ALLEMAGNE  
SUR DIVERS SUJETS  
DE  
PHYSIQUE ET DE PHILOSOPHIE.

---

LETTRE I.

MADAME

COMME l'espérance de continuer à V. A. mes instructions dans la Géométrie semble éprouver de nouveaux retards, qui me causent un chagrin très-sensible, je ferois pouvoir y suppléer par écrit, autant que la nature des objets peut le permettre. J'en ferai l'essai, en expliquant à V. A. l'idée juste qu'on doit se former de la grandeur, en y comprenant les plus petites & les plus grandes étendues, que nous découvrons actuellement dans le monde. Et, d'abord, il faut se fixer une certaine mesure, proportionnée à

Tom. I.

A

nos sens, dont nous aïons une juste idée, comme par exemple celle d'un pied. Cette longueur une fois établie & mise devant les yeux, peut nous servir à connoître toutes les longueurs, les plus grandes comme les plus petites; en déterminant pour celles-là combien de pieds elles renferment, & pour celles-ci quelle partie d'un pied leur convient. Car, ayant l'idée d'un pied, on a aussi celle de sa moitié, de son quart, de sa douzième partie, qu'on nomme un pouce, de sa centième partie & de sa millième, qui est si petite qu'elle échappe presque à la vue. Mais il faut considérer, qu'il y a des animaux, qui, ayant leurs membres, dans lesquels circule leur sang, & qui renferment encore sûrement d'autres insectes vivans; qui sont à leur égard aussi petits qu'eux-mêmes par rapport à nous, n'ont pas une plus grande étendue; d'où l'on doit conclure, que les plus petites quantités existent actuellement dans le monde, & se trouvent encore divisées en des parties infiniment plus petites. Ainsi, par exemple, quoique la dix-millième partie d'un pied soit insensible à notre égard, elle surpasse cependant la grandeur d'un animal entier, & devrait lui sembler fort grande, s'il avoit quelque connoissance. Passons à présent de ces petites quantités, où notre esprit se perd, à de plus grandes. V. A. connoît la longueur d'un mille; on en compte dix-huit d'ici à Magdebourg; on estime un mille de 24000 pieds, & on s'en sert

pour mesurer la distance des différentes régions du globe, pour ne pas multiplier trop les nombres, en se servant du pied, dans ce calcul. Quand on fait qu'un mille est de 24000 pieds, & que l'on ajoute que Magdebourg est éloigné de Berlin de 18 milles, l'idée est bien plus claire, que si l'on disoit, que cette distance est de 432,000 pieds, ce grand nombre éblouissant presque notre entendement. On aura encore une idée juste de la grandeur de toute la terre, quand on saura que son contour est de 5400 milles. Et le diamètre étant une ligne droite qui, passant par le centre, va se terminer à la circonférence de part & d'autre, & divisé en deux parties égales le cercle, qui est la figure reconnue à la terre sous le nom de *globe*, le diamètre de ce globe est estimé de 1720 milles, & c'est de cette mesure dont on fait usage pour les plus grandes distances qui se découvrent dans les cieux. La lune est celui des corps célestes qui nous approche le plus, n'en étant éloignés que d'à-peu-près 30 diamètres de la terre, ce qui fait 51600 milles, ou 273,640,000 pieds; mais la première mesure de 30 diamètres de la terre est la plus claire. Le soleil est environ 300 fois plus éloigné que la lune; ainsi sa distance de 9000 diamètres de la terre, nous donne une connoissance bien plus évidente, que si nous voulions l'exprimer par milles ou par pieds. V. A. fait que la terre fait le tour du soleil dans l'espace d'une année, mais que le soleil reste fixe. Outre la terre,

il y a encore 5 autres corps semblables , qui tournent autour du soleil, mais à des distances plus petites, telles que Mercure & Vénus, ou plus grandes, comme Mars, Jupiter & Saturne, nommés les planètes. Toutes les autres étoiles, que nous voyons, excepté les comètes, sont appellées fixes, & leur distance de nous est incomparablement plus grande que celle du soleil. Ces distances sont sans-doute extrêmement inégales, ce qui fait que quelques-unes paroissent plus grandes que les autres. Mais la plus proche de nous, est certainement plus de 5000 fois plus éloignée que le soleil, donc sa distance surpasse 45,000,000 fois le diamètre de la terre, & doit être de 76,400,000,000 milles; & ce nombre étant encore multiplié par 24000 donnera cette distance prodigieuse exprimée par pieds. Ce n'est cependant que la distance des étoiles fixes les plus près de nous: & les plus éloignées que nous voyons, le sont bien cent fois plus encore. On s'imagine pourtant que toutes ces étoiles, prises ensemble, ne constituent qu'une très-petite partie de l'univers entier, à l'égard duquel ces distances prodigieuses ne sont que ce qu'est un grain de sable relativement à la terre. Cette immensité est l'ouvrage du Tout-puissant, qui gouverne les plus grands corps, comme les plus petits.

*à Berlin ce 19 Avril 1760.*

## L E T T R E II.

DANS l'espérance que V. A. agréera la continuation des instructions dont j'ai pris la liberté de lui présenter un essai par ma première lettre, je vais développer l'idée de la vitesse, qui est une espèce de grandeur particulière, & susceptible d'augmentation & de diminution. Quand une chose est transportée, & qu'elle passe d'un endroit à un autre, on lui attribue une vitesse. Qu'un courrier à cheval & un messager à pied, passent de Berlin à Magdebourg, on conçoit dans l'un & dans l'autre une certaine vitesse, mais on dit que celle du premier surpasse celle du dernier. Il s'agit donc d'examiner, en quoi consiste la différence que nous mettons entre ces deux vitesses. Le chemin est le même pour le courrier & pour le messager, mais la différence consiste au tems que l'un & l'autre met à le faire. La vitesse du courrier est plus grande, parcequ'il emploie moins de tems à aller de Berlin à Magdebourg, & celle du messager plus petite puisqu'il en emploie davantage; il est donc clair que, pour se former une idée juste de la vitesse, il faut avoir égard à deux especes de quantité à la fois, c'est-à-dire, au chemin parcouru, & au tems qui s'est écoulé. Donc un corps qui parcourt en même tems un double chemin, a double vitesse, s'il parcourt en même tems un chemin

trois fois plus grand, sa vitesse est estimée trois fois plus grande, & ainsi de suite. On connoitra donc la vitesse d'un corps, quand on fait le chemin qu'il parcourt dans un certain tems. Pour connoître la vitesse de ma marche, quand je vais à Lytzow\*, j'ai observé que je fais 120 pas dans une minute; un de mes pas vaut deux pieds & demi; ma vitesse est donc telle, que je parcours un chemin de 300 pieds dans une minute, & un chemin soixante fois plus grand, ou de 18000 pieds dans une heure, ce qui ne fait pas encore un mille, qui étant 24000 pieds demanderoit une heure & 20 minutes; si donc je voulois marcher d'ici à Magdebourg, j'emploierois précisément 24 heures. Voilà une juste idée de la vitesse dont je puis marcher; d'où l'on peut aisément comprendre, ce que c'est qu'une vitesse plus grande & plus petite. Car si un courrier alloit d'ici à Magdebourg en 12 heures, sa vitesse seroit double de la mienne; & s'il alloit en 8 heures, elle seroit triple. Nous remarquons une très-grande différence parmi les vitesses. Le tortue nous donne l'exemple d'une vitesse très-petite; si elle n'avance que d'un pied par minute, sa vitesse est 300 fois plus petite que la mienne, puisque je fais 300 pieds dans le même tems. Nous connoissons aussi des vitesses beaucoup plus grandes. Celle du vent varie beaucoup: un vent médiocre

\* Village à une lieue de Berlin.

fait 10 pieds dans une seconde, ou 600 pieds dans une minute; il marche donc deux fois plus vite que moi. Un vent qui parcourt 20 pieds dans une seconde ou 1200 dans une minute, est déjà passablement fort; donc un vent qui parcourt 50 pieds dans une seconde est extrêmement fort, quoique sa vitesse ne soit que 10 fois majeure de la mienne; & qu'il lui faille 2 heures & 24 minutes pour souffler d'ici à Magdebourg.

Vient ensuite la vitesse du son, qui fait 1000 pieds dans une seconde, & 60000 pieds dans une minute. Cette vitesse est donc 200 fois plus grande que celle de ma marche; & si l'on tiroit un canon à Magdebourg, dont le bruit put passer jusqu'à Berlin, il y arriveroit en 7 minutes. Un boulet de canon se meut à-peu-près avec la même vitesse; mais quand on emploie la plus grande charge, on compte qu'il peut bien parcourir 2000 pieds dans une seconde ou 120,000 dans une minute. Cette vitesse nous paroît prodigieuse, quoiqu'elle ne surpasse que 400 fois celle de ma marche à Lytzw; aussi est-ce la plus grande vitesse, que nous appercevons sur la terre. Mais il est dans les cieux des vitesses beaucoup plus grandes, quoique les mouvemens nous en paroissent fort tranquilles. V. A. fait que la terre tourne sur son axe en 24 heures, cette vitesse parcourt donc sous l'équateur 5400 milles en 24 heures; pendant que je ne puis parcourir que 18 milles. Elle est donc 300 fois plus grande que

la mienne, & plus petite cependant que la plus grande vitesse d'un boulet de canon. La terre fait sa révolution autour du soleil dans l'espace d'un an, en parcourant 128,250 milles dans 24 heures; donc sa vitesse est 18 fois plus rapide que celle d'un boulet de canon. La plus grande vitesse que nous connoissions est sans-doute celle de la lumière, qui parcourt 2,000,000 milles chaque minute, & qui surpasse celle d'un boulet de canon 400,000 fois.

*ce 22 Avril 1760.*

---

### LETTRE III.

LES éclaircissimens sur les divers degrés de vitesse, que j'ai pris la liberté de présenter à V. A., me conduisent à l'examen du son, ou d'un bruit quelconque en général; il faut remarquer qu'il s'écoule toujours quelque tems avant qu'il parvienne jusqu'à nos oreilles, & que ce tems est d'autant plus long, que le lieu où le son est produit est plus éloigné de nous; enforte que pour se communiquer à la distance de 1000 pieds, il lui faut une seconde.

Quand on tire le canon, ceux qui en sont éloignés, n'entendent le bruit, que quelque tems après qu'ils ont vu le feu. Ceux qui sont éloignés d'un mille ou de 24000 pieds, n'entendent le bruit que 24 secondes après la vue



du feu. V. A. aura sûrement remarqué souvent, que le bruit du tonnerre ne parvient à nos oreilles, que quelque tems après l'éclair : & c'est par-là qu'on peut juger à quelle distance de nous se trouve l'endroit où le tonnerre est formé. Si, par exemple, nous observons qu'il s'écoule 20 secondes entre l'éclair & le bruit du tonnerre, nous pouvons conclure que le siège du tonnerre est éloigné de nous de 20 mille pieds, en comptant mille pieds de distance pour chaque seconde. Cette belle propriété nous conduit à examiner en quoi consiste le son ; si sa nature est semblable à celle de l'odeur, ou si le son part du corps qui le rend, comme l'odeur sort de la fleur, en remplissant l'air d'exhalaisons subtiles, propres à exciter le sens de notre odorat. Les anciens peuvent avoir eu cette idée, mais nous sommes bien convaincus à-présent, qu'il ne sort rien d'une cloche frappée, qui soit transporté dans nos oreilles, & qu'aucun corps qui sonne ne perd rien de sa substance. Qu'on regarde une cloche frappée, ou une corde pincée, on s'apercevra que ces corps se trouvent alors dans un tremblement, dans un ébranlement dont toutes leurs parties sont agitées : & tout corps susceptible d'un tel ébranlement dans ses parties, produit aussi un son. On peut voir *Tab. I. fig. 1.* ces ébranlemens ou vibrations dans une corde, quand elle n'est pas trop mince ; la corde tendue ACB passe alternativement dans la situation AMB & ANB

où je les ai représentées beaucoup plus sensiblement qu'elles n'arrivent en effet. Il faut puis observer, que ces vibrations mettent l'air voisin dans une vibration pareille, qui se communiquant successivement aux parties plus éloignées de l'air, celles-ci viennent enfin frapper l'organe de notre oreille. C'est donc l'air qui reçoit ces vibrations, & qui transporte le son jusqu'à nos oreilles; il est donc clair, que la perception du son n'est autre chose, que le choc que nos oreilles reçoivent par l'ébranlement de l'air qui se communique chez nous à l'organe de l'ouïe; & quand nous entendons le son d'une corde pincée, nos oreilles reçoivent autant de coups de l'air que la corde fait de vibrations en même tems. Ainsi, si la corde fait 100 vibrations dans une seconde, l'oreille reçoit aussi 100 coups dans le même tems, & la perception de ces coups est ce qu'on nomme un son. Lorsque ces coups se suivent également, ou que leurs intervalles sont tous égaux, le son est régulier, & tel qu'on l'exige dans la musique; mais quand ces coups se succèdent inégalement, ou que leurs intervalles sont inégaux entr'eux, il en résulte un bruit irrégulier, tout-à-fait impropre pour la musique. Quand je considère un peu plus attentivement les sons de la musique, dont les vibrations se font également, je remarque d'abord que, lorsque les vibrations, ainsi que les coups dont l'oreille est frappée, sont plus ou moins forts, il n'en résulte d'autre différence

dans le son, si ce n'est qu'il devient plus ou moins fort, ce qui produit la différence que les musiciens indiquent par les mots *forte* & *piano*. Mais il y a une différence beaucoup plus essentielle, lorsque les vibrations sont plus ou moins rapides, ou qu'il en arrive plus ou moins dans une seconde. Quand une corde achève 100 vibrations dans une seconde, & une autre corde 200 vibrations dans le même tems, leurs sons seront essentiellement différens; le premier sera plus grave ou plus bas, & l'autre plus aigu ou plus haut. Voilà donc la véritable différence entre les sons graves & aigus, sur laquelle roule toute la musique, qui enseigne à mêler des sons qui diffèrent entr'eux par rapport au grave & à l'aigu, mais tellement unis ensemble, qu'il en résulte une agréable harmonie. Dans les sons graves il y a moins de vibrations en même tems, que dans les sons aigus; & chaque son sur le clavier renferme un nombre certain & déterminé de vibrations, qui s'achèvent dans une seconde. Ainsi le son qui est marqué par la lettre C, rend à-peu-près 100 vibrations dans une seconde, & le son marqué par la lettre  $\text{c}$  rend 1600 vibrations dans le même espace de tems. Une corde, qui tremble 100 fois dans une seconde, donnera précisément le son C, & si elle ne trembloit que 50 fois, le son seroit plus bas ou plus grave. Or à l'égard de nos oreilles, il y a des limites, au-delà desquelles

les sons ne sont plus perceptibles. Il semble que nous ne saurions plus sentir un son, qui fait moins de 20 vibrations par seconde, à cause de la trop grande basse, ni celui qui en feroit plus de 4000, à cause de sa trop grande hauteur.

*le 26 Avril 1760.*

#### LETTRE IV.

**V**OTRE Altesse vient d'interrompre le fil de mes pensées d'une manière très-gracieuse . . .

C'est donc le cœur plein de reconnaissance que je retourne à mon sujet. Poursuivant avec zèle je reprendrai ma remarque, qu'en entendant un son simple de musique, notre oreille est frappée d'une suite de coups également éloignés entr'eux, dont la fréquence & le nombre, produit, dans un certain espace de tems, la différence qui règne entre les sons graves & les sons aigus: enforte que, plus le nombre de vibrations ou de coups produits dans un certain tems, tel qu'une seconde, est petit, plus le son est estimé grave; & plus ce nombre est grand, plus le son est aigu. La sensation d'un son simple de musique, peut donc être comparée à une suite de points égale-

ment éloignés entr'eux, comme . . . . .  
Si les intervalles entre ces points sont plus grands ou plus petits, le son qui est produit sera plus grave ou plus aigu. Il n'est pas douteux que la sensation d'un son simple ne soit semblable ou analogue à la vue d'une telle suite de points, également éloignés entr'eux ; on peut ainsi représenter aux yeux ce que les oreilles sentent en entendant un son. Si les distances entre les points n'étoient pas égales, & que les points fussent rangés confusément, ce seroit là représentation d'un bruit confus, contraire à l'harmonie. Cela posé, considérons quel effet deux sons rendus à la fois, doivent produire sur l'oreille ; il est clair, d'abord, que si ces deux sons sont égaux, ou que chacun renferme le même nombre de vibrations dans le même tems, l'oreille en sera affectée de la même manière que d'un son seul ; & on dit en musique, ces deux sons sont à l'unisson, ce qui est l'*accord* le plus simple, un *accord* étant nommé le mélange de deux ou plusieurs sons qu'on entend à la fois. Et si les deux sons diffèrent par rapport au grave & à l'aigu, on appercevra un mélange de deux suites de coups, dans chacune desquelles les intervalles sont égaux entr'eux, mais plus grands dans l'une que dans l'autre, celles-là répondant au son plus grave, & celles-ci au plus aigu. Ce mélange ou cet accord de deux sons peut être représenté aux yeux par deux suites de

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
a . . . . .												b
c . . . . .												d

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

points rangés sur deux lignes *ab* & *cd* : & pour avoir une idée juste de ces deux suites , il faut appercevoir l'ordre qui y règne , ou ce qui revient au même , le rapport entre les intervalles de l'une & de l'autre ligne. Ayant numéroté les points de chaque ligne & mis le No. 1. sous le No. 1 ; les No. 2. ne seront plus précisément l'un sous l'autre , & moins encore les No. 3. mais le nombre 11. se trouve justement au-dessus du nombre 12. d'où l'on connoit que le son le plus haut fait 12 vibrations , & l'autre 11 seulement. Si l'on n'écrit pas les nombres , les yeux ne découvriront presque pas cet ordre ; il en est de même des oreilles , qui le sentiroient bien difficilement entre les deux sons , que j'ai représentés par les deux rangs de points. Mais dans cette figure

on découvre au premier coup-d'œil , que la ligne d'en haut contient deux fois plus de points que celle d'en bas , ou que les intervalles dans la ligne d'en bas sont deux fois plus grands que dans celle d'en haut. C'est sans-doute le cas le plus simple après l'unisson , où l'on peut aisément découvrir l'ordre dans ces deux suites de points ; & il en est de même des deux sons représentés par ces deux lignes de

points, dont l'un achèvera précisément le double de vibrations que l'autre, & l'oreille s'apercevra aisément du beau rapport qui se trouve entre ces deux sons, pendant que, dans le cas précédent, le jugement est très-difficile, s'il n'est pas impossible. Quand l'oreille découvre aisément le rapport qui règne entre deux sons, leur accord est nommé *consonance*; & si ce rapport est très-difficile, impossible même à sentir, l'accord est titré *dissonance*. La plus simple consonance est donc celle où le son aigu produit précisément deux fois plus de vibrations que le son grave. Cette consonance est nommée *octave* en musique: tout le monde en connoît la force, & deux sons qui diffèrent précisément d'une octave, harmonient si parfaitement, & se ressemblent si fort, que les musiciens les marquent par les mêmes lettres. C'est pourquoi nous voyons que, dans les églises, les femmes chantent d'une octave plus haut que les hommes, & s'imaginent pourtant entonner les mêmes sons. V. A. s'assurera aisément de cette vérité sur un clavecin, & s'apercevra avec plaisir du bel accord entre tous les sons qui diffèrent d'une octave, pendant que deux autres sons quelconques ne s'accordent pas si bien.

le 29 Avril 1760.

## L E T T R E V.

V. A. aura déjà vû que l'accord que les musiciens nomment octave, frappe l'oreille d'une manière si marquée, qu'on y découvre aisément la moindre aberration. Ainsi, ayant entonné le son marqué F, on y accorde aisément le son *f*, qui est plus haut d'une octave, par le seul jugement de l'oreille; & si la corde d'un son *f* est tant soit peu trop haute ou trop basse, l'oreille en est d'abord choquée, & rien n'est plus aisé que de la mettre parfaitement d'accord. Aussi voyons-nous que tout le monde passe aisément, en chantant, d'un son à un autre qui est d'une octave plus haut ou plus bas. Mais s'il faut passer du son F au son *d*, par exemple, un chanteur médiocre se trompera aisément, s'il n'est pas secouru par un instrument; ayant fixé le son F, il est presque impossible d'y accorder tout d'un coup le son *d*. Quelle est donc la raison de cette différence, qu'il soit si aisé d'accorder le son *f* au son F, & si difficile d'y accorder le son *d*? Elle est bien évidente par ce que j'ai eu l'honneur d'expliquer à V. A. dans mes dernières remarques : c'est que le son F & le son *f* font une octave, & que le nombre des vibrations du son *f* est précisément le double de celui du son F. Pour appercevoir cet accord, il ne faut que sentir la proportion d'un



d'un à deux, qui, comme elle faute d'abord aux yeux par la représentation des points dont je me suis servi, affecte les oreilles d'une manière semblable. V. A. comprendra donc aisément, que plus une proportion est simple, ou exprimée par de petits nombres, plus elle se présente distinctement à l'entendement, & plus elle y excite un sentiment de plaisir. Les architectes observent aussi très-soigneusement cette maxime, en employant par-tout dans les bâtimens des proportions aussi simples, que les circonstances le leur permettent. Ils font ordinairement la hauteur dans les portes & les fenêtres deux fois plus grande que la largeur, & tâchent d'employer par-tout des proportions exprimables en de petits nombres, puisque cela plait à l'entendement. Il en est de même de la musique; les accords ne plaisent qu'autant que l'esprit y découvre la proportion qui règne entre les sons, & cette proportion s'apperçoit d'autant plus aisément, qu'elle est exprimée par de petits nombres. Et après la proportion d'égalité, qui marque deux sons égaux ou à l'unisson, la proportion de deux à un est sans-doute la plus simple, & c'est celle qui fournit l'accord d'une octave: dès-lors il est évident, que cet accord est doué de beaucoup de prérogatives parmi les autres consonances. Après cette explication de l'accord ou de l'intervalle entre deux sons, que les musiciens nomment *octave*, considérons plusieurs sons, comme F, f,

Tom. I.

B

$\overline{f}$   $\overline{\overline{f}}$   $\overline{\overline{\overline{f}}}$ , dont chacun est d'une octave plus haut que le précédent; puis donc que l'intervalle de  $F$  à  $f$ , de  $f$  à  $\overline{f}$ , de  $\overline{f}$  à  $\overline{\overline{f}}$ , de  $\overline{\overline{f}}$  à  $\overline{\overline{\overline{f}}}$ , est une octave, l'intervalle de  $F$  à  $\overline{\overline{\overline{f}}}$ , sera une double octave, celui de  $F$  à  $\overline{\overline{\overline{\overline{f}}}}$  une triple octave, & celui de  $F$  à  $\overline{\overline{\overline{\overline{\overline{f}}}}}$  une quadruple octave. Or pendant que le son  $F$  rend une vibration, le son  $f$  en rend deux, le son  $\overline{f}$ , quatre, le son  $\overline{\overline{f}}$  huit, le son  $\overline{\overline{\overline{f}}}$  seize: d'où nous voyons que, comme une octave répond 1 à 2, une double octave répond 1 à 4, une triple 1 à 8, & une quadruple à celle de 1 à 16. Et la proportion de 1 à 4 n'étant plus si simple que celle de 1 à 2, puisqu'elle ne saute plus si aisément aux yeux, une double octave ne s'apperçoit pas si aisément qu'une simple; une triple est encore moins perceptible, & une quadruple bien moins encore. Quand donc, en accordant un clavecin, on a fixé le son  $F$ , il n'est pas si aisé d'y accorder la double octave  $\overline{\overline{\overline{f}}}$ , que la simple  $f$ ; & il est plus difficile encore d'y accorder la triple octave  $\overline{\overline{\overline{\overline{f}}}}$  & la quadruple  $\overline{\overline{\overline{\overline{\overline{f}}}}}$ , sans y monter par les octaves intermédiaires. Ces accords sont aussi compris dans le terme de consonance; & puisque celle de l'unisson est la plus simple, on peut les ranger selon les degrés suivans.

- I. Degré, l'unisson, indiqué par la proportion de 1 à 1.
- II. Degré, l'octave continue, dans la proportion de 1 à 2.

- III. Degré, la double octave, dans la proportion de 1 à 4.
- IV. Degré, la triple octave, dans la proportion de 1 à 8.
- V. Degré, la quadruple octave, dans la proportion de 1 à 16.
- VI. Degré, la quintuple octave, dans la proportion de 1 à 32.

Et ainsi de suite, tant que les sons sont encore sensibles. Ce sont les accords, ou consonances, à la connoissance desquelles nous avons été conduits jusqu'ici; & nous ne savons rien encore des autres espèces de consonances, & encore moins des dissonances, dont on fait usage dans la musique. Mais avant de passer à l'explication de celles-ci, je dois ajouter une remarque sur le nom d'octave, qu'on donne à l'intervalle de deux sons, dont l'un fait deux fois plus de vibrations que l'autre. V. A. en voit la raison dans les touches principales du clavecin, qui montent par 7 degrés avant que d'arriver à l'octave, comme C, D, E, F, G, A, H; c; desorte que la touche c est la huitième, en comptant C la première. Et cette division dépend d'une certaine espèce de musique, dont la raison ne sauroit être exposée que dans la suite.

*le 3. May 1760.*

## L E T T R E VI.

ON peut dire que toutes les proportions de 1 à 2, de 1 à 4, de 1 à 8, de 1 à 16, que nous avons considérées jusqu'ici, & qui renferment la nature d'une octave simple, double, triple, ou quadruple, tirent leur origine du seul nombre 2, puisque 4 est deux fois deux, 8 deux fois quatre, & 16 deux fois huit. Ainsi en n'admettant que le nombre *deux* dans la musique, on ne parvient qu'à la connoissance des accords ou consonances, que les musiciens nomment octave simple, double, ou triple; & , puisque le nombre 2 ne fournit par sa reduplication, que les nombres 4, 8, 16, 32, 64, l'un étant toujours double de l'autre, tous les autres nombres restent inconnus pour nous. Or si un instrument ne contenoit que des octaves, comme les sons marqués C, c,  $\overline{c}$ ,  $\overline{\overline{c}}$ , & que tous les autres en fussent exclus, il ne sauroit produire aucune musique agréable, par sa trop grande simplicité. Introduisons donc avec le nombre 2, le nombre 3 encore, & voyons quels accords ou quelles consonances il en résulteroit. La proportion de 1 à 3 nous présente d'abord deux sons, dont l'un rend trois fois plus de vibrations que l'autre, dans le même tems. Cette proportion est sans-doute la plus aisée à comprendre, après celle de 1 à 2, ainsi elle fournira

des consonances fort belles, mais d'une nature tout-à-fait différente de celle des octaves. Supposons donc que, dans la proportion de 1 à 3, le nombre 1 réponde au son  $C$ ; puisque le son  $c$  est exprimé par le nombre 2, le nombre 3 nous donne un son plus haut que  $c$ , mais pourtant plus bas que le son  $\overline{c}$ , qui répond au nombre 4. Or le son exprimé par 3 est celui que les musiciens marquent par la lettre  $g$ , & ils nomment l'intervalle de  $c$  à  $g$ , *une quinte*, puisque dans les touches d'un clavier, celle de  $g$  est la cinquième depuis  $c$ , comme  $c, d, e, f, g$ . Donc si le nombre 1 donne le son  $C$ , le nombre 2 donne  $c$ , le nombre 3 donne  $g$ , le nombre 4 le son  $\overline{c}$ ; & puisque le son  $\overline{g}$  est l'octave de  $g$ , son nombre sera 2 fois 3, & partant 6, & montant encore d'une octave, le son  $\overline{\overline{g}}$  sera deux fois plus grand, & partant 12. Tous les sons, donc, auxquels les deux nombres 2 & 3 nous conduisent en indiquant le son  $C$  par 1, sont:  $C . c . g . \overline{c} . \overline{g} . \overline{\overline{c}} . \overline{\overline{g}} . \overline{\overline{\overline{c}}}$

1 . 2 . 3 . 4 . 6 . 8 . 12 . 16

Il est clair, dès-lors, que la proportion de 1 à 3 exprime un intervalle composé d'une octave & d'une quinte, & que cet intervalle, à cause de la simplicité de ses nombres, doit être, après l'octave, le plus sensible à l'oreille. Aussi les musiciens donnent-ils le second rang à la quinte parmi les consonances; & l'oreille en est affectée si agréablement, qu'il est fort

aisé d'accorder une quinte. C'est pourquoi, sur les violons, les quatre cordes montent par des quintes, la plus basse étant  $g$ , la seconde  $\overline{d}$ , la troisième  $\overline{a}$ , & la quatrième  $\overline{e}$ ; & chaque musicien les met aisément d'accord par l'oreille seule. Cependant une quinte ne s'accorde pas si aisément qu'une octave; mais la quinte au-dessus de l'octave, comme de  $C$  à  $g$ , étant exprimée par la proportion de 1 à 3, est plus sensible qu'une simple quinte, comme de  $C$  à  $G$ , ou de  $c$  à  $g$  qui est exprimée par la proportion de 2 à 3; & l'on fait aussi par expérience, qu'ayant fixé le son  $C$ , il est plus aisé d'y accorder la quinte supérieure  $g$ , que la simple  $G$ . Si l'unité nous avoit marqué le son  $F$ , le nombre 3 marquerait le son  $\overline{c}$ , enforte que  $F : f : \overline{c} : \overline{f} : \overline{\overline{c}} : \overline{\overline{f}} : \overline{\overline{\overline{c}}} : \overline{\overline{\overline{f}}}$  seroient marqués par 1 . 2 . 3 . 4 . 6 . 8 . 12. où de  $f$  à  $\overline{c}$  l'intervalle est une quinte, contenue dans la proportion de 2 à 3; de  $\overline{f}$  à  $\overline{\overline{c}}$ , de  $\overline{\overline{f}}$  à  $\overline{\overline{\overline{c}}}$  il y a aussi une quinte, puisque la proportion de 4 à 6 & de 8 à 12 est la même que celle de 2 à 3. Car si deux aunes courent 3 écus, 4 aunes en courent 6, & 8 aunes 12. De-là nous arrivons à la connoissance d'un autre intervalle contenu dans la proportion de 3 à 4, qui est de  $\overline{c}$  à  $\overline{f}$ ; & par conséquent aussi de  $c$  à  $f$ , ou de  $C$  à  $F$ , que les musiciens nomment une *quarte*, qui étant exprimée par de plus grands nombres, n'est pas si agréable à beaucoup près que la quin-

te, & moins encore que l'octave. Comme le nombre 3 nous a fourni ces nouveaux accords ou consonances de la quinte & de la quarte, prenons avant que d'en employer d'autres, le nombre 3 encore trois fois, pour avoir le nombre 9, qui donnera un son plus haut que le son 3 ou  $\bar{c}$  d'une octave & d'une quinte, où  $\bar{c}$  est l'octave de  $\bar{c}$  &  $\bar{g}$  la quinte de  $\bar{c}$ ; donc le nombre 9 donne le son  $\bar{g}$ , en sorte que  $\bar{c} : \bar{f} :: \bar{g} : \bar{c}$ , seront marqués par 6, 8, 9, 12, où prenant ces sons dans les octaves inférieures, les proportions demeurant les mêmes, on aura :

C. F. G.  $\bar{c}$ .  $\bar{f}$ .  $\bar{g}$ .  $\bar{c}$ .  $\bar{f}$ .  $\bar{g}$ .  $\bar{c}$ .  $\bar{f}$ .  $\bar{g}$ .  $\bar{c}$   
 6. 8. 9. 12. 16. 18. 24. 32. 36. 48. 64. 72. 96  
 d'où nous parvenons à la connoissance de nouveaux intervalles.

Le premier est celui de F à G contenu dans la proportion de 8 à 9, que les musiciens nomment une *seconde*, ou *ton entier*. Le second est de G à f, contenu dans la proportion de 9 à 16, appelé *septième*, & qui est d'une seconde ou d'un ton entier plus petit qu'une octave. Ces proportions étant déjà exprimées par des nombres considérablement grands, les intervalles ne sont plus comptés parmi les consonances, & les musiciens les nomment *dissonances*.

Si nous prenons encore trois fois le nombre 9, pour avoir 27, il marquera un ton plus haut que  $\bar{c}$  & précisément d'une quinte plus

haut que  $g$ , ce sera donc le ton  $\overline{d}$ , & son octave  $\overline{\overline{d}}$  répondra au nombre 2 fois 27 ou 54, & la double octave  $\overline{\overline{\overline{d}}}$  au nombre 2 fois 54 ou 108. Représentons ces tons, de quelques octaves plus bas, de la manière suivante :

$C, D, F, G, c, d, f, g, \overline{c}, \overline{d}, \overline{f}, \overline{g},$   
 24.27.32.36.48.54.64.72.96.108.128.144.  
 $\overline{\overline{c}}, \overline{\overline{d}}, \overline{\overline{f}}, \overline{\overline{g}}, \overline{\overline{\overline{c}}},$   
 192.216.256.288.384.

Nous y voyons que l'intervalle  $D$  à  $F$  est contenu dans la proportion de 27 à 32, & celui de  $F$  à  $d$  dans la proportion de 32 à 54, que nous pouvons prendre la moitié de 16 à 27, dont la première est nommée *tierce mineure*, & l'autre *sexe majeure*. On pourroit encore tripler le nombre 27, mais la musique ne passe pas si loin, & on se borne au nombre 27 résultant de 3, en le multipliant pour la troisième fois par lui-même; les autres tons de musique, qui nous manquent encore, sont introduits par le nombre 5, que je développerai dans la lettre suivante.

le 3 de May 1760.

## LETTRE VII.

LA matière sur laquelle je prends la liberté d'entretenir V. A. est si sèche, que je crains qu'elle ne vous ennuye; pour ne pas employer trop de tems, & ne point revenir à un sujet si désagréable, j'envoie aujourd'hui trois let-



tres à la fois. Mon intention étoit de mettre sous les yeux de V. A. la véritable origine, presque absolument inconnue aux musiciens, des sons employés dans la musique. Ce n'est point à la théorie qu'ils doivent la connoissance de tous les tons; mais plutôt à une force occulte de la véritable harmonie, qui a opéré si efficacement sur les oreilles, qu'elles ont, pour ainsi dire, été contraintes à recevoir les tons qui sont actuellement en usage, quoiqu'ils ne soient pas encore bien décidés sur leur juste détermination. Les principes de l'harmonie se réduisent enfin à des nombres, comme j'ai eu l'honneur de le faire voir à V. A. & j'ai remarqué, que le nombre 2 ne fournit que des octaves, en sorte qu'ayant, par exemple, fixé le ton *F*, nous avons été conduits aux sons, *f*,  $\overline{f}$ ,  $\overline{\overline{f}}$ ,  $\overline{\overline{\overline{f}}}$ . Ensuite le nombre 3 fournit les tons, *C*, *c*,  $\overline{c}$ ,  $\overline{\overline{c}}$ ,  $\overline{\overline{\overline{c}}}$ , qui diffèrent de ceux-là d'une quinte; & la répétition de ce même nombre 3 fournit encore les quintes des premières, qui sont *G*, *g*,  $\overline{g}$ ,  $\overline{\overline{g}}$ ,  $\overline{\overline{\overline{g}}}$ , & enfin la troisième répétition de ce nombre 3 y ajoute encore les tons *D*, *d*,  $\overline{d}$ ,  $\overline{\overline{d}}$ . Les principes de l'harmonie, étant donc attachés à la simplicité, ne semblent pas permettre qu'on pousse plus loin la répétition du nombre 3, ainsi jusqu'à-présent nous n'avons que les tons suivans pour chaque octave

*F . G . c . d . f .*

16 . 18 . 24 . 27 . 32. qui n'admettent pas

certainement une musique bien variée. Mais introduisons encore le nombre 5, & voyons quel sera le ton qui rend 5 vibrations, pendant que le ton  $F$  n'en fait qu'une. Or le ton  $f$  fait en même tems 2; le ton  $\overline{f}$  4; & le ton  $\overline{\overline{c}}$ , 6. Le ton en question est donc entre  $\overline{f}$  &  $\overline{\overline{c}}$ , & c'est celui que les musiciens indiquent par la lettre  $\overline{a}$ , dont l'accord avec le ton  $\overline{f}$  est nommé *tierce majeure*, & se trouve faire une consonance fort agréable, étant contenu dans la proportion des assez petits nombres 4 à 5. De plus ce ton  $\overline{a}$  avec le ton  $\overline{\overline{c}}$  fait un accord contenu dans la proportion de 5 à 6, qui est presque aussi agréable que celui-là, & qu'on nomme aussi *tierce mineure*, comme celle dont nous avons déjà parlé, contenue entre les nombres 27 & 32, puisque la différence est presque insensible à l'oreille. Ce même nombre 5 étant appliqué aux autres tons  $G$ ,  $c$ ,  $d$ , ils nous donneront de la même manière leurs tierces majeures, prises dans la seconde octave au-dessus, c'est-à-dire, les sons  $\overline{h}$ ,  $\overline{\overline{e}}$  &  $\overline{\overline{f}}$ , qui, étant transportés dans la première octave, donneront les tons suivans avec leurs nombres.

$F$  .  $Fs$  .  $G$  .  $A$  .  $H$  .  $c$  .  $d$  .  $e$  .  $f$  .  
128 . 135 . 144 . 160 . 180 . 192 . 216 . 240 . 256.

Otez les tons  $Fs$ , & vous aurez les touches principales du clavecin, qui, selon les anciens, constituent le genre nommé *diatonique*, & qui résulte du nombre 2, du nombre 3 répétée trois fois, & du nombre 5. En n'admettant

que ces tons, on est en état de composer des mélodies très-belles & très-variées, dont la beauté est uniquement fondée sur la simplicité des nombres qui ont fourni ces tons. Enfin, en appliquant pour la seconde fois le nombre 5, il fournira les tierces de quatre nouveaux tons, *A*, *E*, *H*, *F♯*, que nous venons de trouver, nous aurons les sons *C♯*, *G♯*, *D♯* & *B*, desorte qu'à-présent l'octave est remplie des 12 tons, qui sont reçus dans la musique. Tous ces tons tirent leur origine de ces trois nombres 2, 3 & 5, en repliquant 2 autant de fois que les octaves le demandent; mais pour le 3, on ne le replique que trois fois, & le nombre 5 deux fois seulement. Voilà donc tous les tons de la première octave exprimés par les nombres suivans, où se voit la composition de chacun des nombres 2, 3 & 5

<i>C</i>	2. 2. 2. 2. 2. 2. 2. 2. 3 . . .	384	Différence.
<i>C♯</i>	2. 2. 2. 2. 5. 5. . . . . . .	400	16
<i>D</i>	2. 2. 2. 2. 3. 3. 3. . . . . .	432	32
<i>D♯</i>	2. 3. 3. 3. 5. . . . . . . . .	450	18
<i>E</i>	2. 2. 2. 2. 2. 3. 5. . . . . .	480	30
<i>F</i>	2. 2. 2. 2. 2. 2. 2. 2. 2. . .	512	32
<i>F♯</i>	2. 2. 3. 3. 3. 5. . . . . . .	540	28
<i>G</i>	2. 2. 2. 2. 2. 2. 3. 3. . . . .	556	36
<i>G♯</i>	2. 2. 2. 3. 5. 5. . . . . . .	600	24
<i>A</i>	2. 2. 2. 2. 2. 2. 2. 2. 5. . . .	640	40
<i>B</i>	3. 3. 3. 5. 5. . . . . . . . .	675	35
<i>H</i>	2. 2. 2. 2. 3. 3. 5. . . . . .	720	45
<i>c</i>	2. 2. 2. 2. 2. 2. 2. 2. 2. 3. .	768	48

pendant que le son *C* rend 384 vibrations, ce-

lui *C* rend 400, & les autres autant que marquent les nombres adjoints: le son *c* rendra donc en même tems 768, double du nombre 384. Et pour les octaves suivantes, il ne faut que multiplier ces nombres par 2, par 4, ou par 8. Ainsi le son  $\overline{c}$  rendra deux fois 768 ou 1536 vibrations, le son  $\overline{\overline{c}}$ , 2 fois 1536 ou 3072 vibrations, & le son  $\overline{\overline{\overline{c}}}$ , 2 fois 3072 ou 6144 vibrations. Pour comprendre la formation des sons de ces trois nombres 2, 3 & 5, il faut remarquer, que les points mis entre ces nombres signifient la multiplication; ainsi, pour le ton *F* l'expression 2. 2. 3. 3. 3. 5, signifie 2 fois 2 fois 3 fois 3 fois 3 fois 5. Or 2 fois 2 est 4, 4 fois 3 est 12, 12 fois 3 est 36, & 36 fois 3 est 108, 108 fois 5 est 540. On voit par-là que les différences entre ces tons ne sont pas égales entr'elles, mais qu'il en est de plus grandes & de plus petites; c'est ce qu'exige la véritable harmonie. Cependant l'inégalité n'étant pas considérable, on regarde communément toutes ces différences comme égales, en nommant le saut d'un ton à l'autre *semiton*; &, de cette manière, l'octave est divisée en 12 *semitons*. Bien des musiciens les font à-présent égaux, quoique cela soit contraire aux principes de l'harmonie, parce qu'aucune quinte ni aucune tierce n'est juste, & que l'effet est le même, que si ces tons n'étoient pas bien accordés. Aussi conviennent-ils qu'il faut renoncer à la justesse des accords, pour obtenir l'avantage de l'égalité des

femiton, enforte que la transposition d'un ton à un autre, quelconque, ne change rien dans les mélodies. Ils avouent cependant que la même pièce jouée du ton C ou du demi-ton plus haut Cs, change considérablement de nature; il est donc clair, que tous les demi-tons ne sont effectivement pas égaux, quelque effort que fassent les musiciens pour les rendre tels, parceque la véritable harmonie s'oppose à l'exécution d'un dessein qui lui est contraire. Telle est donc la véritable origine des tons à-présent en usage, tirés des nombres 2, 3, & 5. Si l'on vouloit encore introduire le nombre 7, celui des tons d'une octave deviendrait plus grand, & la musique seroit portée à un degré supérieur. Mais c'est ici que la mathématique cède l'harmonie à la musique.

*le 3 May 1760.*

---

## LETTRE VIII.

UNE question aussi importante que curieuse, est de savoir comment une belle musique excite en nous le sentiment du plaisir? Les savans sont bien partagés la-dessus. Quelques-uns prétendent, que c'est pure bizarrerie, & que le plaisir que cause la musique, n'est fondé sur aucune raison, parceque la même musique qui flatte les uns déplaît aux autres. Bien loin que cela décide la question, elle en devient plus com-

pliquée; on veut savoir pourquoi la même pièce de musique peut produire des effets si différens, puisqu'il faut convenir qu'il n'arrive rien sans raison. D'autres soutiennent que le plaisir éprouvé par l'ouïe d'une belle musique, consiste dans la perception de l'ordre qui y règne. Ce sentiment paroît d'abord assez bien fondé, & mérite d'être examiné plus soigneusement. La musique renferme deux espèces d'objets, où l'ordre doit se rencontrer. L'un se rapporte à la différence des tons hauts ou bas, aigus ou graves; & V. A. se souviendra qu'elle est contenue dans le nombre de vibrations que chaque ton rend en même tems. Cette différence qui se trouve entre la vitesse des vibrations de tous les tons, est ce qui se nomme, proprement, harmonie. L'effet d'une musique, dont on sent les rapports ou les proportions que les vibrations de tous les tons tiennent entr'eux, est la production de l'harmonie. Ainsi, deux tons qui diffèrent d'une octave, excitent le sentiment de la proportion de 1 à 2; une quinte, de celle de 2 à 3; & une tierce majeure, de celle de 4 à 5. On comprend donc l'ordre qui se trouve dans quelque harmonie, quand on connoît toutes les proportions qui règnent entre les tons dont l'harmonie est composée, & c'est le sentiment des oreilles qui conduit à cette connoissance. Ce sentiment plus ou moins délicat, décide pourquoi la même harmonie est apperçue par l'un, & point du tout par l'autre, sur-tout

quand les proportions entre les tons sont exprimées par des nombres un peu grands. La musique renferme, outre l'harmonie, un autre objet aussi susceptible d'ordre, la *mesure*, par laquelle on assigne à chaque ton une certaine durée : & la perception de la mesure consiste dans la connoissance de la durée de tous les tons, & des proportions qui en naissent, à savoir, si un ton dure deux fois, trois fois, ou quatre fois plus qu'un autre. Le tambour & la timbale nous fournissent une musique, où la seule mesure a lieu, puisque tous les tons sont égaux entr'eux, & là il n'y a point d'harmonie ; il y a aussi une musique, toute en harmonie, sans la mesure. Cette musique est le choral, où tous les tons sont d'une même durée ; mais une musique parfaite contient & l'harmonie & la mesure. Ainsi l'amateur qui entend une musique, & qui comprend, par le sentiment de ses oreilles, toutes les proportions sur lesquelles l'harmonie & la mesure sont fondées, a certainement la plus parfaite connoissance possible de cette musique ; tandis qu'un autre, qui n'apperçoit ces proportions qu'en partie, ou point du tout, n'y comprend rien, ou n'en a qu'une connoissance imparfaite. Mais l'objet en question, le plaisir, est bien différent encore de cette connoissance, dont je viens de parler, quoiqu'on puisse soutenir hardiment, qu'une musique ne sauroit en produire, à moins qu'on n'en ait une connoissance. Car la connoissance seule de toutes les

proportions qui règnent dans une musique , tant à l'égard de l'harmonie que de la mesure, ne suffit pas pour exciter le sentiment du plaisir ; il faut quelque chose de plus , que personne n'a encore développé. Pour se convaincre , que la seule perception de toutes les proportions d'une musique n'est pas suffisante , il ne faut que considérer une musique fort simple , qui ne marche que par des octaves , où la perception des proportions est certainement la plus aisée ; il s'en faut de beaucoup que cette musique cause du plaisir , quoiqu'on en ait la plus parfaite connoissance. On dit alors , que le plaisir demande une connoissance qui ne soit pas trop facile , & qui exige quelque peine ; qu'il faut , pour ainsi dire , qu'elle nous coute quelque chose. Mais à mon avis cela ne suffit pas encore. Une dissonance , dont la proportion consiste en de plus grands nombres , est plus difficile à être comprise ; cependant une suite de dissonances mises sans choix & sans dessein ne sauroit plaire. Il faut donc que le compositeur ait suivi , dans sa composition , un certain plan , exécuté par des proportions réelles & perceptibles ; alors , quand un connoisseur entend cette pièce , & , qu'outre les proportions , il comprend le plan & le dessein même que le compositeur avoit en vue : il sentira cette satisfaction , qui constitue ce plaisir dont une belle musique frappe les oreilles intelligentes. Il provient donc de ce qu'on devine en quelque manière les vues & les sentimens  
du



du compositeur, dont l'exécution, en tant qu'on la juge heureuse, remplit l'esprit d'une sensation agréable. C'est une satisfaction à-peu-près pareille à celle qu'on ressent en voyant une belle pantomime; où l'on peut deviner par les gestes & les actions, les sentimens & les discours que l'on veut exprimer, en exécutant de plus un plan bien ordonné. L'énigme du ramoneur qui a tant plu à V. A. me fournit aussi une belle comparaison. Dès qu'on en devine le sens, & qu'on reconnoit qu'il est parfaitement exprimé dans la proposition de l'énigme, on ressent un plaisir vif de sa découverte, mais les énigmes plates & mal dirigées n'en causent aucun. Tels sont, à mon avis, les vrais principes, sur lesquels sont fondés les jugemens sur la beauté des pièces de musique.

*le 6 de May 1760.*

---

## LE T T R E I X.

L'EXPLICATION du son, que j'ai eu l'honneur de présenter à V. A. me conduit à la considération plus particulière de l'air, qui, susceptible d'un mouvement de vibration, tel que celui dont les corps sonores, comme les cordes, les cloches &c. sont agités, en transmet l'ébranlement jusqu'à nos oreilles. On demande ce que c'est que l'air, n'appercevant

*Tom. I.*

C

pas d'abord que ce soit une matière. Il semble que, puisque nous n'y voyons point de corps sensibles, l'espace qui nous environne ne contient aucune matière, car nous n'y sentons rien, & nous pouvons marcher & mouvoir nos membres à travers, sans rencontrer le moindre obstacle; mais il n'y a qu'à frapper bien vite de la main, pour sentir quelque résistance, & s'appercevoir même d'un vent produit par ce mouvement rapide. Aussi le vent n'est-il autre chose que l'air mis en mouvement; & puisqu'il est capable de produire des effets si surprenans, comment douter, que l'air ne soit une matière & par conséquent un corps? Car corps & matière sont synonymes. Les corps se distinguent en deux espèces, en solides & fluides; & il est évident, que l'air doit être rapporté à la classe des fluides. Il a plusieurs propriétés communes avec l'eau, mais il est beaucoup plus subtil & plus délié. On a conclu par des expériences, que l'air est environ 800 fois plus subtil & plus raréfié que l'eau; & que, si l'air devenoit 800 fois plus épais qu'il n'est, il auroit la même consistance qu'elle. Une propriété principale de l'air, par laquelle il se distingue des autres fluides, est qu'il se laisse comprimer ou réduire dans un<sup>e</sup> moindre espace; ce qu'on prouve par cette expérience. On prend *Tab. I. fig. 2.* un tuyau de métal ou de verre ABCD bien fermé par le bout AB, & ouvert par l'autre, où l'on fait entrer un pis-

ton, qui remplit exactement la cavité du tuyau. Il faut pousser ce piston en-dedans, & quand il sera parvenu jusqu'au milieu *E*, l'air qui occupoit au commencement la cavité *ABCD*, sera réduit à la moitié, & par conséquent deux fois plus dense. Si l'on pousse le piston plus loin encore, jusqu'au milieu *F*, entre *B* & *E*: l'air sera réduit dans un espace 4 fois plus petit; & si l'on continuoît de pousser le piston jusqu'à *G*, de sorte que *BG* fût la moitié de *BF*, ou la huitième partie de la longueur entière *BD*, le même air qui étoit répandu au commencement par toute la cavité du tuyau, seroit alors réduit dans un espace huit fois plus petit. En continuant de cette manière à le resserrer jusque dans un espace 800 fois plus petit, on obtiendroît un air 800 fois plus dense ou plus épais que l'air ordinaire. Il seroit donc aussi dense & aussi épais que l'eau, ce qu'on est en état de prouver pour d'autres expériences. On reconnoît ainsi, que l'air est une matière fluide, qui se laisse comprimer, ce qui signifie la même chose que de le réduire dans un plus petit espace; & c'est à cet égard que l'air est une matière tout-à-fait différente de l'eau. Car, qu'on remplisse d'eau le tuyau *ABCD*, & qu'on y mette le piston, il ne sera pas possible de le faire entrer plus avant. Quelque force même qu'on employât on n'avanceroit absolument rien, & on romproit le tuyau, avant que de réduire l'eau dans un espace tant soit peu plus

petit. Voilà donc une différence essentielle entre l'air & l'eau ; l'eau n'est susceptible d'aucune compression , & l'air peut être comprimé tant qu'on veut. Plus on comprime l'air, plus il devient dense ou épais ; ainsi l'air qui a occupé un certain espace , quand il est réduit ou comprimé dans un espace deux fois plus petit, devient deux fois plus dense ; s'il l'est dans un espace 10 fois plus petit, il devient 10 fois plus dense ; & ainsi de suite. J'ai déjà remarqué, que s'il devenoit 800 fois plus dense, il auroit la même densité que l'eau, & seroit aussi pesant, car la pesanteur croit en même raison que la densité. L'or, le plus pesant des corps que nous connoissons, est aussi le plus dense. On a trouvé qu'il est 19 fois plus pesant que l'eau ; & qu'une masse d'or en forme de cube, dont la longueur, la largeur, & la hauteur seroient chacune d'un pied, pèseroit 19 fois plus qu'une masse d'eau semblable. Or cette masse d'eau pèse 70 livres : donc la dite masse d'or pèseroit 19 fois 70, c'est-à-dire 1330 livres. Si donc, on pouvoit comprimer l'air jusqu'à ce qu'il fût réduit dans un espace 19 fois 800, c'est-à-dire, 15200 fois plus petit, il deviendroit aussi dense & aussi pesant que l'or. Mais il s'en faut beaucoup qu'on puisse pousser si loin la compression de l'air. On peut bien d'abord faire avancer le piston sans peine, mais plus il avance, & plus on a de peine à le pousser plus loin ; &, avant que de parvenir à ré-

duire l'air à un espace 10 fois plus petit, il faut employer tant de forces pour pousser le piston plus loin, que le tuyau se romproit, à moins qu'il ne fut très-fort. Et non-seulement il faudroit tant de forces pour pousser le piston plus loin, mais il en faudroit autant pour le maintenir, & dès qu'on le relâcheroit, l'air comprimé le repousseroit en arrière. Plus l'air est comprimé, plus il fait d'efforts pour se répandre & se rétablir dans son état naturel. C'est ce qu'on nomme le ressort ou l'élasticité de l'air, dont je me propose d'entretenir V. A. l'ordinaire prochain.

*le 10 de May 1760.*

---

## LE T T R E X.

V. A. vient de voir, que l'air est un fluide, environ 800 fois plus subtil que l'eau, de sorte que si l'eau pouvoit être répandue dans un espace autant de fois plus grand, & qu'elle devint, par conséquent, autant de fois plus subtile, elle seroit assez semblable à l'air que nous respirons. Mais l'air a une propriété que l'eau n'a point, de se laisser comprimer dans un espace plus petit, où il devient plus condensé, comme j'ai eu l'honneur de le prouver l'ordinaire passé. Et nous découvrons dans l'air une autre propriété, qui n'est pas moins

remarquable : on peut le répandre dans un plus grand espace, & le rendre, par ce moyen, plus subtil encore. Cette opération par laquelle il devient plus rare, ou plus raréfié, s'appelle la raréfaction de l'air. On n'a qu'à prendre, *Tab. I. fig. 3.* comme auparavant, un tuyau *ABCD*, au fonds *AC* duquel il y a un petit trou *O*, afin qu'en faisant entrer le piston jusqu'à *F*, l'air puisse s'échapper par ce trou, & qu'il ne devienne point condensé. L'air qui occupe maintenant la cavité *ACEF*, fera donc dans son état naturel, & alors on bouchera bien le trou *O*. On retire ensuite le piston, & l'air se répandra successivement dans un plus grand espace, desorte que, lorsque le piston aura été retiré jusqu'à *G*, l'espace *CG* étant le double de l'espace *CF*, le même air, qui étoit contenu dans l'espace *ACEF*, remplira un espace deux fois plus grand; il sera donc deux fois moins dense, ou bien deux fois plus rare. Quand on retire le piston jusqu'en *H*, où l'espace *CH* est quatre fois plus grand que *CF*: l'air deviendra quatre fois plus rare qu'il n'étoit au commencement, étant à présent répandu dans un espace quatre fois plus grand. Et quand on retireroit le piston si loin, que l'espace devint 1000 fois plus grand, l'air se répandroit toujours également par cet espace, & deviendrait par-tout 1000 fois plus rare. C'est ici que l'air diffère encore essentiellement de l'eau; car si la cavité *ACEF* étoit remplie d'eau, on au-

roit beau retirer le piston, l'eau occuperoit toujours le même espace qu'au commencement, & le reste feroit vuide. Nous voyons par-là que l'air est doué de la force intrinsèque de se répandre de plus en plus, qu'il l'exerce non-seulement quand il est condensé, mais aussi quand il est raréfié. En quelque état de condensation ou de raréfaction que l'air se trouve, il fait des efforts pour s'étendre dans un plus grand espace, & il se répand aussitôt qu'il ne rencontre point d'obstacle. Cette force de se répandre est ce qu'on nomme le ressort ou l'élasticité de l'air, & on a trouvé par les expériences, dont je viens de parler, que cette force est proportionnelle à la densité; c'est-à-dire, que plus l'air est condensé, plus il fait d'efforts pour s'étendre; & plus il est raréfié, moins il en fait. On me demandera, peut-être, pourquoi l'air qui se trouve maintenant dans ma chambre, ne s'échappe pas par la porte, puisqu'il est doué de la force de s'étendre par un plus grand espace? *V. A.* y répondra sans-doute, que cela arriveroit infailliblement, si l'air de-dehors ne faisoit pas aussi de grands efforts pour s'étendre; & que les efforts, avec lesquels l'air de la chambre voudroit sortir, & celui de dehors entrer, étant égaux, ils arrêtent leur force mutuelle & restent l'un & l'autre en repos. Si l'air du dehors eut acquis, par quelques accidens, une plus grande densité, & plus d'élasticité, il en entreroit une partie dans la chambre, où l'air

étant comprimé, acquerroit aussi une plus grande élasticité; ce qui durera jusques à ce que l'élasticité de l'air du dedans devienne égale à celle du dehors. Et si l'air de la chambre devenoit subitement plus dense, & son élasticité supérieure à celle de l'air du dehors, l'air de la chambre sortiroit, & perdant sa densité, il perdrait de son élasticité, jusques à ce qu'il parvienne au degré de l'air du dehors; le mouvement cesseroit alors, & l'air de la chambre seroit en équilibre avec celui du dehors. Ainsi, l'air libre n'est tranquille, que quand il a le même degré d'élasticité que celui des contrées des environs, & sitôt que celui d'une contrée devient plus ou moins élastique que celui du voisinage, l'équilibre ne peut plus subsister; mais si l'élasticité est plus grande, l'air s'étendra & se glissera dans les lieux où elle est plus petite: & c'est de ce mouvement de l'air, que résulte le vent. De-là vient, que l'élasticité de l'air est tantôt plus grande, tantôt plus petite dans le même endroit, & c'est cette variation qui est indiquée par le *baromètre*, dont la description mérite une explication particulière. Pour le présent je me borne aux qualités de l'air, sa condensation, & sa raréfaction, en réitérant, que plus il est condensé, plus il a de force pour s'étendre, & d'élasticité; & qu'au contraire, plus on le raréfie, plus il perd de son élasticité. Les philosophes ont inventé une machine, par laquelle on peut condenser l'air & le rare-



fier, qu'on nomme la *machine pneumatique*. Elle sert à faire plusieurs expériences tout-à-fait surprenantes, dont la plupart seront déjà connues à V. A. Je me réserve de parler de quelques-unes, qui sont nécessaires à éclaircir & expliquer la nature & les propriétés de l'air, qui, contribuant principalement à notre conservation, & à la production que fournit la terre de tous nos besoins, mérite bien qu'on s'en forme une idée juste.

le 14 de May 1760

---

## LE T T R E X I.

**A**YANT eu l'honneur de démontrer à V. A. que l'air est un fluide, doué de la propriété particulière de se laisser comprimer dans un plus petit espace, & dilater dans un plus grand, quand il ne rencontre plus d'obstacles, & qu'ainsi l'air est susceptible de condensation & de raréfaction. Cette propriété connue sous les noms de ressort ou d'élasticité, qu'on attribue à l'air, parcequ'elle ressemble à celle d'un ressort qui se laisse resserrer, & qui se débande quand les obstacles sont ôtés, est accompagnée d'une autre qui lui est commune avec tous les corps en général; c'est la gravité ou la pesanteur, par laquelle tous les corps ont le penchant de tomber, & qui les fait descen-

dre dès que rien ne les soutient. Les favans sont fort partagés & très-incertains sur la véritable cause de cette force, mais il est bien sûr qu'elle existe. Nous en sommes convaincus par l'expérience journalière. Nous en connoissons même la quantité, & nous pouvons la mesurer très-exactement. Car le poids d'un corps n'est autre chose, que la force qui le tire en bas; & puisqu'on peut connoître & mesurer exactement le poids de chaque corps, nous connoissons parfaitement l'effet de la gravité, quoique la cause, ou cette force invisible qui agit sur tous les corps pour les faire descendre, nous soit absolument inconnue. C'est ce qui nous demontre que plus un corps contient de matière, & plus il est pesant. L'or & le plomb sont plus pesans que le bois, ou qu'une plume, puisqu'ils renferment plus de matière dans le même volume, ou dans la même étendue. C'est donc parceque l'air est une matière si subtile & si déliée, que sa pesanteur & son poids sont si petits, qu'ils échappent communément à nos sens; il y a cependant des expériences qui nous en donnent une pleine conviction. *V. A.* a vu qu'on peut raréfier l'air dans un vase, ou dans un tube; &, par le moyen de la machine pneumatique, on peut pousser la chose si loin, que l'air en est tout-à-fait enlevé, & que la cavité du vase reste tout-à-fait vuide. Ou bien on prend *Tab. I. fig. 4.* un tuyau ABCD dans lequel on met d'abord le piston, en sorte

qu'il touche parfaitement le fonds, & qu'il ne reste point d'air entre le fonds & le piston. Pour réussir mieux, il est bon qu'il y ait dans le fonds un petit trou *G*, par lequel l'air puisse sortir pendant qu'on pousse le piston jusqu'au fonds; alors on bouche bien le trou, pour être plus sûr qu'il n'y a point d'air caché ou comprimé entre le fonds & le piston. Après cette préparation on retire le piston, & l'air du dehors ne pouvant pénétrer par le tuyau, on aura un vuide parfait dans le tuyau, entre le fonds & le piston, qu'on peut rendre, en tirant le piston de plus en plus, aussi grand qu'on voudra. Par un tel moyen on peut vider d'air la cavité d'un vase; & quand on pèse ce vase vuide d'air sur une bonne balance, on trouve qu'il pèse moins que s'il étoit rempli d'air; d'où l'on tire cette conclusion fort importante, que l'air contenu dans le vuide d'un vase en augmente le poids, & que l'air lui-même a du poids. Si la cavité du vase est assez grande, pour contenir 800 livres d'eau, on trouve par ce moyen, que l'air qui remplit cette même cavité, pèse environ une livre; d'où l'on conclut, que l'air est environ 800 fois moins pesant que l'eau. Cela doit s'entendre de l'air ordinaire qui nous environne, & que nous respirons; car *V. A.* fait que, par l'art, on peut comprimer l'air, en le resserrant dans un moindre espace, & qu'il acquiert par ce moyen plus de pesanteur. Si le vase de la con-

tenance de 800 livres d'eau dont j'ai parlé ci-dessus, étoit rempli d'un air deux fois plus comprimé que l'air ordinaire, il pèseroit deux livres plus que s'il étoit vuide. S'il étoit rempli d'un air 800 fois plus comprimé que l'ordinaire, il pèseroit 800 livres plus que s'il étoit vuide, & autant que s'il étoit rempli d'eau. Puis donc que l'air est un corps pesant, quoique dans son état naturel sa pesanteur soit très-petite, il est doué de la force de descendre, & presse ou pèse en conséquence sur les corps qui se trouvent au-dessous, & qui empêchent sa descente. C'est par cette raison, que l'air supérieur pèse sur l'inférieur, & que celui-ci se trouve dans un état de compression, par le poids de toute la masse d'air qui est au-dessus. De-là vient que, dans notre région, l'air a un certain degré de compression, ou de densité, auquel il est réduit par le poids de l'air supérieur; & si l'air supérieur étoit plus ou moins pesant, notre air en deviendroit aussi plus ou moins comprimé. C'est ainsi que l'air d'en bas soutient le poids de l'air supérieur, & que plus nous montons, sur une tour ou sur une montagne, plus il perd de sa densité & se raréfie, tellement que s'il étoit possible de monter toujours, l'air se perdrait enfin tout-à-fait, ou deviendroit si subtil & raréfié qu'on n'en apercevrait plus. Quand au contraire, on descend dans une cave fort profonde, la densité de l'air augmente de plus en plus, à cause

de la plus grande masse d'air du-dessus. Si l'on faisoit un trou jusqu'au centre de la terre, la densité de l'air augmenteroit, jusqu'à acquérir celle de l'eau, & enfin celle de l'or.

*le 17 May 1760.*

---

## LE T T R E X I I .

**A**PRES avoir prouvé que l'air est un fluide compressible & pesant, je remarque que la terre est environnée de toute part de cet air, apellé l'atmosphère. Il seroit même impossible qu'il y eut une contrée de la terre dépourvue d'air, sans rien du tout au-dessus, & qu'il y eut un vuide parfait, car l'air des régions voisines, comprimé par le poids de l'air supérieur, & faisant des efforts continuels pour se dilater, se répandroit subitement sur la dite contrée, & rempliroit l'espace vuide. Ainsi l'atmosphère remplit tout l'espace autour de la terre, & l'air d'en bas, soutenant le poids de celui qui est au-dessus, en est comprimé par-tout. Or en comprimant l'air, son élasticité augmente, & chaque degré de compression renferme un certain degré d'élasticité, par lequel l'air fait des efforts pour se répandre. Donc l'air est toujours comprimé par le poids de celui qui est au-dessus, jusqu'à ce degré précisément, que son élasti-

cité devienne égale à la force qui le comprime. Alors, quoique cet air ne soit comprimé que d'en haut, il fait, en vertu de son élasticité, des efforts pour se répandre en tous sens, non-seulement en bas, mais aussi vers les côtés; c'est pour cela que l'air, dans une chambre, est autant comprimé que celui de-dehors, ce qui a paru fort paradoxé à quelques philosophes. Car, disent-ils, dans une chambre, l'air d'en bas n'est comprimé que par celui de la chambre qui lui est supérieur, tandis que l'air du-dehors l'est par le poids de l'atmosphère entière, dont la hauteur est presque immense. Mais, ce doute est vite résolu par la propriété qu'a l'air, étant comprimé, de chercher à se relâcher en tout sens; or l'air de la chambre est d'abord réduit par l'air extérieur, au même degré de compression & d'élasticité; ainsi, soit que nous nous trouvions dans une chambre, ou dehors, nous éprouvons la même compression de l'air, bien entendu que ce soit à la même hauteur, ou à la même distance du centre de la terre. Car j'ai déjà remarqué qu'en montant sur une haute tour, ou sur une montagne, la compression de l'air est plus petite, puisque le poids de l'air qui est au-dessus, est alors plus petit. Plusieurs phénomènes confirment indubitablement cet état de compression de l'air. Quand on prend *Tab. I. fig. 5.* un tuyau AB fermé par le bout A, & que l'ayant rempli d'eau, ou d'un autre fluide, on le renverse,

enforte que le bout ouvert B soit en bas, il ne s'en écoule rien. L'élasticité, ou la compression de l'air, qui pousse le fluide en B, le soutient dans le tuyau. Mais dès qu'on perce le tuyau en A, le fluide tombe; l'air qui entre par le trou agit alors d'en haut, par sa pression, sur l'eau, & la pousse en bas; ce qui prouve que, tant que le tuyau est fermé en haut, c'est la force de l'air externe qui y soutient l'eau. Et si l'on met ce tuyau dans un vase d'où l'on a tiré l'air par la machine pneumatique, aussitôt l'eau tombe. Les anciens, à qui cette propriété de l'air étoit inconnue, ont dit que la nature soutient le fluide dans le tuyau, par la peur & même l'horreur que la nature a pour le vuide. Car, disent-ils, si le fluide descendoit, il y auroit un vuide au haut du tuyau, puisque l'air ne trouveroit pas un passage pour y entrer. Aussi, selon eux, c'étoit la peur du vuide, qui empêchoit le fluide de couler. On est sûr à présent, que c'est la force de l'air qui soutient le poids du fluide dans le tuyau; & puisque cette force a une quantité déterminée, cet effet ne sauroit surpasser un certain terme. On a trouvé que, si le tuyau AB, plein d'eau, a plus de 33 pieds de longueur, l'eau n'y reste plus suspendue, mais qu'il s'en écoule, jusques à ce qu'il n'en reste dans le tuyau qu'à la hauteur de 33 pieds, & qu'il reste un véritable vuide au-dessus. La force de l'air ne sauroit donc soutenir l'eau dans le tuyau, qu'à la hauteur

de 33 pieds ; & puisque la même force soutient toute l'atmosphère, on en conclut, que l'atmosphère pèse autant qu'une colonne d'eau de 33 pieds de hauteur. Si, au lieu d'eau, on prend du mercure qui pèse 14 fois plus, la force de l'air n'est capable de le soutenir dans le tuyau qu'à la hauteur d'environ 28 pouces : & si le tuyau est plus haut, le mercure descend, jusqu'à ce que sa hauteur convienne à la pression de l'atmosphère, en laissant un espace vuide au-dessus dans le tuyau. Ce tuyau bouché par le haut & ouvert en bas, étant rempli de mercure, fournit l'instrument qu'on nomme *baromètre*, avec lequel on a connu, que l'atmosphère n'est pas toujours également pesante. Car on connoit sa véritable pesanteur dans le baromètre par la hauteur du mercure qui, haussant ou baissant, indique que l'air, ou l'atmosphère, est devenue plus ou moins pesante. C'est la véritable indication du baromètre, & toutes les fois qu'il monte ou qu'il descend, c'est une marque certaine que le poids ou la pression de l'atmosphère augmente ou diminue, & c'est ce que je m'étois proposé de présenter à V. A.

le 20 May 1760.

LET.



## L E T T R E   X I I I .

Ayant expliqué à V. A. cette propriété singulière de l'air, par laquelle il se laisse réduire dans un plus petit espace, ce qu'on nomme la condensation de l'air, on est en état de rendre raison de plusieurs productions de la nature & de l'art. Je commencerai par l'explication des fusils à vent, ne doutant point que cet instrument ne soit bien connu à V. A. Leur construction ressemble à celle des fusils ordinaires, mais au lieu de poudre, on se sert d'air condensé, pour tirer la balle. Par l'intelligence de cette manœuvre, il faut remarquer que pour condenser l'air, il faut employer une force proportionnée à la condensation que l'on cherche; l'air condensé fait des efforts pour se relâcher, & ces efforts sont précisément égaux à la force requise pour le condenser à ce point. Donc plus l'air est condensé, plus son effort pour se relâcher est considérable; & si l'air est réduit à une densité deux fois plus grande qu'à l'ordinaire, ce qui arrive lorsqu'on pousse l'air dans un espace deux fois plus petit, la force avec laquelle il tâche de se relâcher est égale à la pression d'une colonne d'eau de la hauteur de 33 pieds. Que V. A. se représente un grand tonneau de cette hauteur, plein d'eau, elle fera sans-doute de grands efforts sur le fonds. Si l'on y fait un trou, l'eau sortira avec beau-

coup de force, si l'on bouche ce trou avec le doigt, on sent bien cette force de l'eau, & le fonds du tonneau oppose par-tout une force semblable. Or, un vase qui contient de l'air deux fois plus dense qu'à l'ordinaire, devra éprouver précisément une force pareille; & , s'il n'est pas assez fort pour soutenir cette force, il rompra. Il faut donc que les parois de ce vase soient aussi forts, que le fonds du tonneau. Si dans ce même vase l'air étoit trois fois plus dense qu'à l'ordinaire, la force seroit encore une fois plus grande, & la même que le fonds d'un tonneau de 66 pieds de hauteur, plein d'eau, soutiendrait. V. A. comprendra facilement que cette force sera très-grande; & elle croît encore selon la même règle, si l'air est condensé 4 fois, 5 fois ou plus, qu'à l'ordinaire. Cela posé, il y a au fonds du fusil à vent une cavité bien fermée de toutes parts, dans laquelle on force de plus en plus l'air, pour l'y réduire à un aussi haut degré de densité, que les forces qu'on emploie en sont capables, & par ce moyen l'air renfermé dans cette cavité, acquerra une force terrible pour échapper; & si on y fait un trou, il échappera avec la même force. Ce trou y est effectivement, & aboutit dans la cavité du tuyau où l'on met la balle. Il est bien bouché, mais quand on veut tirer, on fait un mouvement par lequel le trou s'ouvre pour un instant; & l'air s'échappant pousse la balle avec cette grande force, avec laquelle nous la voyons sortir.

Chaque fois qu'on tire, ce trou ne demeure ouvert qu'un moment; il ne s'en échappe qu'une quantité d'air; & il en reste encore assez, pour tirer plusieurs fois. Mais chaque fois la densité & sa force diminuent; c'est pourquoi les coups suivans sont moins forts que les premiers; & qu'enfin leur force se perd entièrement. Si le trou demeurait plus long-tems ouvert, il s'en échapperait plus de vent, & toujours inutilement; car cette force n'agit sur la balle, que tant qu'elle se trouve dans le canon du fusil; dès qu'elle est sortie, il est inutile que le trou soit encore ouvert. On voit par-là que, si l'on pouvoit pénétrer la condensation de l'air beaucoup plus loin, on pourroit produire, par des fusils à vent, les mêmes effets que par les fusils ordinaires & les canons: aussi, l'effet de l'artillerie est-il fondé sur le même principe. La poudre à canon n'est autre chose qu'une matière qui contient dans ses pores un air extrêmement condensé. La nature y a fait les mêmes opérations que nous faisons en comprimant l'air; mais elle y a porté la condensation à un bien plus haut degré. Il ne faut qu'ouvrir les petites cavités où cet air dense est renfermé, pour lui procurer la liberté d'échapper; ce qui se fait par le moyen du feu, qui brise ces petites cavités, d'où l'air enfermé échappe subitement avec la plus grande force, & pousse les balles & les boulets d'une manière tout-à-fait semblable à celle que nous avons dit dans les fusils à vent, mais avec beau-

coup plus de force. Voilà donc deux effets bien surprenans , qui tirent leur origine de la condensation de l'air , avec la seule différence , que dans l'un , la condensation est l'ouvrage de l'art , & dans l'autre celui de la nature même. On voit donc ici , comme par-tout , que les opérations de la nature sont infiniment supérieures à celles de l'adresse humaine ; & nous trouvons par-tout les sujets les plus éclatans d'admirer la puissance & la sagesse de l'auteur de la nature.

*le 24 May 1760.*

#### LETTRE XIV.

**O**UTRE les qualités de l'air , dont j'ai eu l'honneur d'entretenir V. A. , il en a encore une bien remarquable , qui lui est commune avec tous les corps , sans en excepter les solides : c'est le changement que le froid & le chaud produisent sur lui. On observe généralement , que tous les corps étant chauffés s'aggrandissent. Une barre de fer fort chaude , est un peu plus longue & plus épaisse , que lorsqu'elle est froide. Il y a un instrument nommé *pyromètre* , construit de façon qu'il indique sensiblement les plus petits allongemens ou raccourcissemens que souffre une barre qu'on y applique. V. A. fait que , dans une montre , quelques roues marchent fort lentement , pen-

dant que le mouvement des autres est fort rapide, quoique produit par le mouvement lent des premières. C'est ainsi que, par une espèce d'horlogerie, on peut faire que, d'un changement presque insensible, il en résulte un très-considérable, & c'est ce qui se pratique dans l'instrument nommé pyromètre, dont je viens de parler. En y posant une barre de fer ou de quelqu'autre matière que ce soit, lorsqu'elle devient tant soit peu plus longue ou plus courte, il y a un indice, comme dans une montre, qui en est poussé à parcourir un espace très-considérable; quand on applique sur cet instrument une barre de fer ou d'une autre matière, & qu'on place au-dessous une lampe pour la chauffer, l'indice est d'abord mis en mouvement, & montre que la barre devient plus longue; & plus la chaleur augmente, plus aussi la barre croît en longueur; mais, lorsqu'on éteint la lampe & qu'on laisse refroidir la barre, l'indice se meut en sens contraire, & marque par-là que la barre redevient plus courte. Cependant ce changement est si petit, qu'on auroit bien de la peine à s'en appercevoir sans le secours de cet instrument. On s'apperçoit pourtant aussi de cette variation dans les horloges à pendules, qu'on nomme simplement *pendules*. Le pendule y est appliqué pour modérer le mouvement, de sorte que si l'on allonge le pendule, l'horloge marche plus lentement, & si l'on raccourcit le pendule, l'horloge avance trop. Or on remarque,

dans les grandes chaleurs , que toutes ces horloges marchent trop lentement , & dans les grands froids trop vite , ce qui est une marque certaine que le pendule devient plus long dans les chaleurs , & plus court dans les froids. Une telle variabilité , causée par la chaleur & par le froid , a lieu dans tous les corps ; mais elle difère beaucoup selon la nature de la matière dont ils sont formés , & il y en a qui y sont beaucoup plus sensibles que d'autres. Dans les corps fluides , sur-tout , cette variabilité est fort sensible. Pour s'en assurer , on prend *Tab. I. fig. 6.* un tuyau de verre BC , joint par le bout B à une boule creuse A , & on le remplit de quelque liqueur que ce soit , jusqu'en M. Quand on chauffe la boule A , la liqueur monte de M vers C , & quand le froid y survient , la liqueur descend vers B , d'où l'on voit très-clairement , que la même liqueur occupe un plus grand espace dans la chaleur , & un plus petit dans le froid. On voit aussi que cette variation doit être plus sensible , lorsque la boule est large & le tuyau étroit ; car si toute la masse de la liqueur augmente ou diminue de sa millième partie , cette millième partie occupera dans le tuyau un espace d'autant plus grand que le tuyau sera plus étroit. Cet instrument est donc très-propre à nous indiquer les divers degrés de chaleur & de froid ; car si la liqueur y monte ou descend , c'est une marque bien sûre que la chaleur augmente ou diminue. C'est-là

l'instrument qu'on nomme *thermomètre*, qui sert à nous indiquer les changemens de la chaleur & du froid, & qui est tout-à-fait différent du baromètre, qui nous indique la pesanteur de l'air, ou plutôt la force dont l'air d'ici bas est comprimé. Cet avis est d'autant plus nécessaire, que les baromètres & les thermomètres se ressemblent beaucoup, étant tous les deux des tubes de verre remplis de mercure; mais leur construction, & les principes sur lesquels ils sont fondés, sont tout-à-fait différens. Cette qualité des corps de s'étendre par la chaleur & de se contracter par le froid, appartient aussi à l'air, & dans un degré fort éminent. Je me propose d'en parler plus au long dans ma première lettre.

*le 27 May 1760.*

---

## LE T T R E X V.

LA chaleur & le froid produisent sur l'air le même effet que sur tous les autres corps. L'air est raréfié par la chaleur & condensé par le froid. Par l'explication que j'ai eu l'honneur de donner à V. A. une certaine quantité d'air n'est pas déterminée à occuper un certain espace, comme tous les autres corps; mais, par sa nature, il tend toujours à se dilater, & il s'étend en effet, dès qu'il ne ren-

contre point d'obstacle qui s'y oppose. C'est cette propriété qu'on nomme l'élasticité de l'air. Si donc l'air est renfermé dans un vase, il fait des efforts pour le rompre ; & cet effort est d'autant plus grand, que l'air y est plus condensé : d'où l'on a tiré cette règle, que l'élasticité de l'air est proportionnelle à sa densité ; desorte que, si l'air est deux fois plus dense, son élasticité est aussi deux fois plus grande ; & qu'en général un certain degré d'élasticité répond à chaque degré de densité. Il faut cependant remarquer, que cette règle n'est vraie, qu'autant que l'air conserve le même degré de chaleur. Dès qu'il devient plus chaud, il acquiert plus de force pour s'étendre, que celle qui conviendrait à sa densité, & le froid y produit un effet contraire en diminuant sa force expansive. Pour connoître donc la vraie élasticité d'une masse d'air, il ne suffit pas d'en savoir la densité, il faut aussi connoître le degré de chaleur qui lui convient. Imaginons, pour mettre cela mieux dans son jour, deux chambres bien fermées de toutes parts, mais qui communiquent par une porte, & qu'il règne le même degré de chaleur dans les deux chambres. Il faut pour cela que dans l'une & l'autre, l'air se trouve au même degré de densité, car si l'air étoit plus dense & par conséquent plus élastique dans l'une que dans l'autre, il en échapperoit une partie de l'une, pour entrer dans l'autre, jusqu'à ce que la densité soit la même.



me dans les deux chambres. Mais supposons qu'une chambre devienne plus chaude que l'autre, l'air en y acquérant une plus grande élasticité, se répandra effectivement, en entrant dans l'autre chambre, & en réduira l'air dans un moindre espace, jusqu'à ce que l'élasticité soit portée, dans l'une & l'autre chambre, au même degré. Pendant ce changement un vent passera, par la porte, de la chambre chaude dans la froide; & quand l'équilibre sera rétabli, l'air sera plus raréfié dans la chaude, & plus condensé dans la froide; cependant l'élasticité de l'un & de l'autre air sera la même. On voit clairement par-là, que deux masses d'air d'une densité différente, peuvent avoir la même élasticité, lorsque l'une est plus chaude que l'autre; & avec cette circonstance, il peut arriver que deux masses d'air du même degré de densité soient douées de divers degrés d'élasticité. Ce que je viens de dire de deux chambres peut être appliqué à deux contrées; d'où l'on comprend que, lorsqu'une contrée devient plus chaude que l'autre, l'air doit nécessairement couler de l'une vers l'autre; d'où résulte le vent. Voilà donc une source bien féconde des vents, quoiqu'il y en ait peut-être d'autres, qui consistent dans les divers degrés de chaleur qui règnent en différentes régions de la terre; & l'on peut démontrer, que tout l'air qui est autour de la terre, ne sauroit être en repos, à moins que par-tout, à hau-

teurs égales, il ne se trouve le même degré ; non-seulement de densité, mais aussi de chaleur. Et s'il arrivoit qu'il n'y eut point de vent sur toute la surface de la terre, on en pourroit sûrement conclure, que l'air seroit aussi par-tout également dense & chaud, à égales hauteurs. Or comme cela n'arrive jamais, il faut absolument qu'il y ait toujours des vents, au moins en quelques régions. Mais ces vents ne se trouvent pour la plupart que sur la surface de la terre ; & plus on s'élève sur des hauteurs, moins les vents sont violens. On ne remarque presque plus de vents sur les plus hautes montagnes, il y règne un calme perpétuel ; d'où l'on ne sauroit douter, que l'air ne demeure toujours en repos sur des hauteurs supérieures. Il s'ensuit de - là, qu'à des régions si élevées, il règne par-tout, sur toute la terre, le même degré de densité & de chaleur ; car s'il fait plus chaud dans un lieu que dans un autre, l'air ne sauroit être en repos, mais il y auroit du vent. Et, puisqu'il n'y a point de vent dans ces régions élevées, il faut nécessairement, que le degré de chaleur y soit par-tout & toujours le même ; ce qui est un paradoxe fort surprenant, vu les grandes variations de chaleur & de froid que nous éprouvons ici-bas pendant le cours d'une année, & même d'un jour à l'autre, sans parler des différens *climats*, c. à. d. des chaleurs insupportables sous l'équateur, & des glaces effroyables vers les poles de la terre. Cepen-

dant l'expérience même confirme la vérité de ce grand paradoxe. La neige & la glace durent également l'été & l'hiver sur les montagnes de la Suisse, & sont inaltérables sur les *cordelières*, hautes montagnes du Pérou en Amérique, situées sous l'équateur même, où il règne un froid aussi excessif que dans les régions polaires. La hauteur de ces montagnes n'est pas d'un mille d'Allemagne, soit 24000 pieds ; on peut hardiment en conclure, que si nous pouvions voler à la hauteur de 24000 pieds au-dessus de la terre, nous y rencontrerions toujours & par-tout le même degré de froid ; & même un froid très-excessif. Nous n'y remarquerions aucune différence, ni pendant l'été ou l'hiver, ni près de l'équateur ou des poles. A cette hauteur & plus haut encore l'état de l'atmosphère est par-tout & toujours le même, & les variations entre le chaud & le froid n'ont lieu qu'ici-bas, près de la surface de la terre. Ce n'est qu'ici-bas, que l'effet des rayons du soleil devient sensible. *V. A.*, sans-doute, est curieuse d'en apprendre la raison, & ce sera le sujet de ma première lettre.

le 31 May 1760.

## L E T T R E   X V I .

LE phénomène d'éprouver le même degré de froid par-tout, dans l'air, quand on monte à une très-grande hauteur, telle que 24000 pieds (si cela étoit possible) est bien étrange; puisque les variations de la chaleur sur la terre, non-seulement pour les différens climats, mais pour la même contrée, suivant les différentes saisons de l'année, sont si considérables. Cette variété en-bas est sans-doute causée par le soleil; il semble que son influence devroit être la même en-haut & en-bas, sur-tout quand nous pensons, qu'une hauteur de 24000 pieds, ou d'un mille, n'est absolument rien par rapport à la distance du soleil, qui est d'environ trente millions de milles, quoique cette hauteur soit fort grande à notre égard, & surpasse même les nuages les plus hauts. C'est donc un doute fort important, qu'il faut tâcher de résoudre. Pour cet effet, je remarque d'abord, que les rayons du soleil n'échauffent les corps, qu'autant qu'ils ne leur accordent pas un libre passage à travers. V. A. fait qu'on nomme *transparens*, *pellucides* & *diaphanes*, les corps à travers desquels nous pouvons voir les objets. Ces corps sont le verre, le cristal, le diamant, l'eau & plusieurs autres liqueurs, quoique les unes soient plus ou moins transparentes que les autres. Un de ces corps trans-

parens étant exposé au soleil, ne s'échauffe pas autant qu'un corps non transparent, comme le bois, le fer, &c. On appelle *opaques* les corps qui ne sont pas transparens : un verre ardent, par exemple, en transmettant les rayons du soleil, brûle les corps opaques, sans que le verre lui-même en soit échauffé : l'eau exposée au soleil ne devient un peu chaude, que parce-qu'elle n'est pas parfaitement transparente ; & quand nous la voyons assez échauffée par le soleil aux bords des rivières, c'est que le fonds, comme corps opaque, est échauffé par les rayons transmis par l'eau. Or un corps chaud communique toujours sa chaleur à ceux qui en sont voisins, ce qui fait que cette eau reçoit sa chaleur de son fonds. Si l'eau est très-profonde, & que les rayons ne puissent pas pénétrer jusqu'au fonds, on n'y sent presque point de chaleur, quoique le soleil y donne bien fort. Et comme l'air est un corps très-transparent, à un bien plus haut degré que le verre ou l'eau, il en résulte qu'il ne sauroit être échauffé par le soleil, puisque ses rayons passent librement à travers. Cette chaleur, que nous sentons souvent dans l'air, lui est communiquée par les corps opaques qui ont été échauffés par les rayons du soleil, & s'il étoit possible d'annéantir tous ces corps, l'air n'éprouveroit presque aucun changement dans sa température par les rayons du soleil ; qu'il fût ou non exposé au soleil, il seroit également froid. Mais l'atmosphère n'est pas parfaitement transparente ;

quelquefois même elle est tellement chargée de vapeurs, qu'elle perd presque entièrement sa transparence, en nous présentant un brouillard épais, & quand l'air se trouve dans cet état, les rayons du soleil y ont plus de prise, & peuvent l'échauffer immédiatement. Mais ces vapeurs ne montent pas beaucoup, & à la hauteur de 24000 pieds & au-delà, l'air est si subtil & si pur, qu'il est parfaitement transparent; c'est pourquoi les rayons du soleil ne sauroient y produire aucun effet immédiatement. Cet air est aussi trop éloigné des corps terrestres, pour qu'ils puissent lui communiquer leur chaleur; cette communication ne peut pas s'étendre fort loin. V. A. comprendra aisément par-là, que les rayons du soleil ne sauroient produire aucun effet dans les régions de l'air fort élevées au-dessus de la surface de la terre, & qu'il doit régner toujours & par-tout le même degré de froid, puisque le soleil n'y a aucune influence, & que la chaleur des corps terrestres ne sauroit se communiquer jusques-là. Il en est à-peu-près de même sur les hautes montagnes, où il fait toujours plus froid que sur les plaines & dans les vallées. La ville de Quito, au Pérou, se trouve presque sous l'équateur, & à juger de sa situation, la chaleur devroit y être insupportable; cependant l'air y est assez tempéré, & ne diffère pas beaucoup de celui de Paris. Quito est située sur une grande hauteur au-dessus de la véritable surface de la terre. Pour y venir des bords de la

mer, il faut monter pendant plusieurs jours, de sorte qu'elle est sur un terrain aussi élevé que les plus hautes montagnes chez nous, quoiqu'il soit environné de montagnes très-hautes, qu'on nomme les Cordelières. Cette dernière circonstance donneroit lieu de croire que l'air devroit y être aussi chaud que sur la surface de la terre, puisqu'il touche par-tout à des corps opaques, sur lesquels tombent les rayons du soleil. L'objection est bien forte, & il ne faudroit y avoir d'autre raison que celle que l'air étant fort élevé à Quito, doit être beaucoup plus subtil & moins pesant que chez nous; le baromètre, qui s'y tient quelques pouces plus bas, le prouvant incontestablement. Un air pareil n'est pas susceptible de tant de chaleur qu'un autre plus grossier, puisqu'il ne peut pas contenir tant de vapeurs & d'autres particules qui voltigent ordinairement dans l'atmosphère; & nous savons par l'expérience, qu'un air fort chargé est beaucoup plus propre à s'échauffer. Je puis encore ajouter un autre phénomène qui n'est pas moins surprenant, c'est que dans les caves très-profondes, & plus bas encore, s'il étoit possible d'y parvenir, il règne par-tout & toujours le même degré de chaleur, à-peu-près par la même raison. Comme les rayons du soleil ne produisent leur effet que sur la surface de la terre, d'où ils se communiquent en-haut comme en-bas, cette communication ne pouvant pénétrer fort loin, les très-grandes profondeurs y

sont absolument insensibles, ainsi que les hauteurs trop élevées. J'espère que ce développement satisfera la curiosité de V. A.

*le 3 Juin 1760.*

---

## LETTRE XVII.

APRÈS avoir parlé des rayons du soleil, qui sont le foyer de toute la chaleur & de la lumière dont nous jouissons, V. A. demandera sans-doute, ce que c'est que les rayons du soleil? C'est sans contredit une des plus importantes questions de la physique, & de laquelle dérivent une infinité de phénomènes. Tout ce qui regarde la lumière, & ce qui nous rend les objets visibles, est lié étroitement avec cette question. Les anciens philosophes semblent s'être fort peu souciés de la développer. La plupart se sont contentés de dire, que le soleil est doué de la qualité d'échauffer, d'éclairer & de luire. Mais on a bien raison de demander, en quoi consiste cette qualité? Est-ce quelque chose du soleil même ou de sa substance, qui parvient jusqu'à nous? ou bien, se passerait-il quelque chose de semblable à une cloche, dont nous entendons le son sans qu'aucune partie de la cloche soit transportée à nos oreilles? comme j'ai eu l'honneur de l'exposer à V. A. en expliquant la propagation & la perception



ception du son. Descartes, le premier des philosophes modernes, soutenoit ce dernier sentiment, & ayant rempli tout l'univers d'une matière subtile composée de petits globules, qu'il nomme le second élément, il met le soleil dans une agitation perpétuelle, qui frappe sans-cesse ces globules, & prétend que ceux-ci communiquent leurs mouvemens en un instant dans tout l'univers. Mais depuis la découverte que les rayons du soleil ne parviennent pas en un instant jusqu'à nous, & qu'il leur faut environ 8 minutes pour parcourir cette grande distance, le sentiment de Descartes, qui avoit d'ailleurs d'autres grands inconvéniens, a été abandonné. Ensuite le grand *Newton* a embrassé le premier système, & soutenu que les rayons du soleil sortent réellement du corps du soleil, d'où les particules extrêmement subtiles en sont lancées & dardées avec cette vitesse inconcevable, qui les porte jusqu'à nous à-peu-près en 8 minutes. Ce sentiment, qui est celui de la plupart des philosophes modernes & sur-tout des Anglois, est nommé le *système de l'émanation*; puisqu'on croit que les rayons émanent du soleil, & des autres corps lumineux, comme l'eau émane ou jaillit d'une fontaine. Ce sentiment paroît d'abord fort hardi & choque la raison; car si le soleil jettoit continuellement, & en tout sens, des fleuves de matière lumineuse; avec une si prodigieuse vitesse, il semble que la matière du soleil en devroit être bientôt épuisée; ou du

moins, il faudroit qu'on y remarquât, depuis tant de siècles, quelque diminution, ce qui est cependant contraire aux observations. Il n'est pas douteux qu'une fontaine, qui jetteroit en tout sens des traits d'eau, seroit d'autant plutôt épuisée, que sa vitesse seroit grande; & qu'ainsi la prodigieuse vitesse des rayons devroit bientôt épuiser le corps du soleil. On a beau supposer les particules, dont les rayons sont formés, aussi subtiles qu'on voudra; on ne gagnera rien; le système demeure toujours également revoltant. On ne peut pas dire, que cette émanation ne se fasse pas tout autour & en tout sens; car en quelque endroit qu'on soit placé, on voit le soleil tout entier, ce qui prouve incontestablement, que des rayons de tous les points du soleil sont lancés vers cet endroit. Le cas est donc bien différent de celui d'une fontaine, qui jetteroit des traits d'eau en tout sens. Ici ce n'est que d'un seul endroit d'où le trait sort vers une certaine contrée, & chaque point ne lanceroit qu'un seul trait; mais chaque point de la surface du soleil lance une infinité de traits, qui se répandent en tout sens. Cette circonstance seule augmente infiniment la dépense de matière lumineuse, que le soleil auroit à faire. Un autre inconvénient; qui ne paroît pas plus petit, est que, non-seulement le soleil jette des rayons, mais toutes les étoiles en jettent aussi: & puisqu'il y auroit par-tout des rayons du soleil & des étoiles qui se rencontreroient, avec quelle

impétuosité devroient-ils se choquer les uns les autres? combien leur direction devroit-elle en être changée? Une telle croisée devroit avoir lieu en tous les corps lumineux qu'on voit à la fois, cependant chacun paroît distinctement, sans souffrir le moindre dérangement des autres; preuve bien certaine, que plusieurs rayons peuvent passer par le même point, sans se troubler les uns les autres, ce qui semble inconciliable avec le système de l'émanation. En effet, qu'on fasse rencontrer deux jets d'eau, & d'abord on verra qu'ils se troublent terriblement dans leur jeu; on voit donc que le mouvement des rayons de lumière est très-essentiellement différent de celui des jets d'eau, & en général de toutes les matières lancées. Considérant ensuite les corps transparens, par lesquels les rayons passent librement & en tout sens, les partisans de ce système sont obligés de dire, que ces corps renferment des pores disposés en lignes droites, qui passent de chaque point de la surface en tout sens, puisqu'on ne sauroit concevoir aucune ligne, par laquelle ne puisse passer un rayon du soleil, avec cette inconcevable vitesse, & même sans heurter. Voilà des corps bien criblés, qui cependant nous paroissent bien solides. Enfin, pour voir, il faut que les rayons entrent dans nos yeux, & qu'ils en traversent la substance avec la même vitesse. Je crois que tous ces inconvéniens convaincront V. A. que le système de l'émanation ne sauroit, en aucune ma-

nière, avoir lieu dans la nature; & V. A. sera sûrement bien étonnée, qu'il ait été imaginé par un si grand homme, & embrassé par tant de philosophes éclairés. Mais Cicéron a déjà remarqué, qu'on ne sauroit rien imaginer de si absurde, que les philosophes ne soient capables de soutenir. Quant à moi, je suis trop peu philosophe pour embrasser ce sentiment.

*le 7 de Juin 1760.*

---

### LETTRE XVIII.

**Q**UELQU'ÉTRANGE que puisse paroître à V. A. le sentiment du célèbre Newton, que les rayons proviennent du soleil par une émanation actuelle, il a pourtant trouvé une approbation si générale, que presque personne n'osoit en douter. Ce qui y a le plus contribué, c'est sans-doute la grande autorité de ce philosophe anglois, qui le premier a découvert les véritables loix des mouvemens des corps célestes. Or cette même découverte l'a porté au système de l'émanation. Descartes, pour soutenir son explication, fut obligé de remplir tout l'espace du ciel d'une matière subtile, à travers laquelle tous les corps célestes se meuvent tout-à-fait librement. Mais on fait que, si un corps se meut par l'air, il rencontre une certaine résistance, d'où Newton a conclu que,

quelque subtile qu'on suppose la matière du ciel, les planètes devroient y éprouver quelque résistance dans leur mouvement. Mais, dit-il, ce mouvement n'est assujetti à aucune résistance, donc l'espace immense des cieux ne contient aucune matière. Il y règne donc partout un vuide parfait; & c'est un des principaux dogmes de la philosophie Newtonienne, que l'immensité de l'univers ne renferme point de matière, dans les espaces qui se trouvent entre les corps célestes. Cela posé, il y aura depuis le soleil jusqu'à nous, ou du moins jusqu'à l'atmosphère de la terre, un vuide parfait: en effet, plus nous montons, plus nous trouvons l'air subtil, d'où il semble qu'il doit enfin se perdre tout-à-fait. Si l'espace entre le soleil & la terre est absolument vuide, il est impossible que les rayons viennent jusqu'à nous par voye de communication; comme le son d'une cloche nous est communiqué par le moyen de l'air, enforte que si l'air, depuis la cloche jusqu'à nous, étoit anéanti, nous n'entendrions absolument rien, avec quelque force qu'on frappât la cloche. Ayant donc établi un vuide parfait entre les corps célestes, il ne reste plus d'autre sentiment à embrasser, que celui de l'émanation: c'est ce qui a obligé Newton à soutenir que le soleil, & tous les autres corps lumineux, lancent les rayons, qui sont toujours une partie réelle du corps lumineux chassée avec une force terrible. Il faudroit bien qu'elle le fût, pour imprimer aux rayons cette vitesse in-

concevable, avec laquelle ils viennent du soleil jusqu'à nous en 8 minutes de tems. Mais voyons si cette explication peut subsister avec la principale vue de Newton, qui exige un espace absolument vuide dans les cieus, pour que les planètes ne rencontrent aucune résistance. V. A. jugera aisément, que les espaces du ciel, au lieu de rester vuides, seront remplis des rayons, non-seulement du soleil, mais encore de toutes les autres étoiles qui les traversent de toute part & en tout sens, continuellement, & avec la plus grande rapidité. Les corps célestes, qui traversent ces espaces, au lieu d'y rencontrer un vuide, y trouveront donc la matière des rayons lumineux avec une agitation terrible, qui doit bien plus troubler ces corps dans leur mouvement, que si cette même matière étoit en repos. Ainsi Newton craignant qu'une matière subtile, telle que Descartes la supposoit, ne troublât le mouvement des planètes, fut conduit à un expédient bien étrange, & tout-à-fait contraire à sa propre intention; puisque, par ce moyen, les planètes devroient essuyer un dérangement infiniment plus considérable. C'est un exemple bien triste de la sagesse humaine, qui, voulant éviter un inconvénient, tombe souvent dans de plus grandes absurdités. J'ai déjà eu l'honneur d'exposer à V. A. bien d'autres difficultés insurmontables, dans le système de l'émanation; & nous voyons à-présent, que la principale & même la seule raison, qui ait engagé Newton

à ce système, est si contradictoire en elle-même, qu'elle le renverse tout-à-fait. Toutes ces raisons réunies ne sauroient nous laisser hésiter sur la rejection de cet étrange système d'émanation de la lumière ; quelle que soit l'autorité du philosophe qui l'établit. Newton fut sans contredit un des plus grands génies qui aient jamais existé, & sa science profonde & sa pénétration dans les mystères les plus cachés de la nature, seront toujours l'objet de notre plus grande admiration & de celle de notre postérité ; mais les égaremens de ce grand homme doivent servir à nous faire reconnoître la faiblesse de l'esprit humain qui, après s'être élevé au plus haut degré dont les hommes soient capables, court souvent le risque de se précipiter dans les erreurs les plus palpables. Si nous sommes assujettis à des chûtes si tristes dans nos recherches sur les phénomènes du monde visible, qui frappe nos sens, nous serions bien malheureux, si Dieu nous eut abandonnés à nous-mêmes à l'égard des choses invisibles, qui regardent notre salut éternel. La révélation nous étoit absolument nécessaire sur cet important article ; nous devons en profiter avec la plus grande vénération, & lorsqu'elle nous présente des choses qui nous paroissent inconcevables ; souvenons-nous de la faiblesse de notre esprit, qui s'égare si aisément sur les choses dont la vue est à notre portée. Toutes les fois que j'entends ces esprits forts, qui critiquent les vérités de notre religion, & qui s'en mo-

quent même avec la plus impertinente suffisance, je me dis; chétifs mortels, combien & combien de choses sur lesquelles vous raisonnez si légèrement, sont bien plus sublimes & plus élevées que celles sur lesquelles le grand Newton s'égara étrangement. Je souhaiterois que V. A. n'oubliât jamais cette réflexion; les occasions où l'usage en est nécessaire n'arrivent que trop souvent ici bas.

le 10 de Juin 1760.

---

## LETTRE XIX.

V. A. a vu que le système de l'émanation des rayons est assujetti à des difficultés insurmontables, & que celui qu'un vuide pourroit occuper tout l'espace entre les corps célestes, ne sauroit avoir lieu davantage, puisque les rayons de lumière le rempliroient tout-à-fait. Il faut donc convenir de deux choses: l'une, que les espaces entre les corps célestes sont remplis d'une matière subtile; l'autre, que les rayons ne sont pas une émanation actuelle du soleil & des autres corps lumineux, par laquelle une partie de leur substance soit élançée, comme l'a prétendu Newton. Cette matière subtile, qui remplit tous les espaces des cieux entre les corps célestes, se nomme l'*Ether*, son extrême subtilité ne sauroit être revoquée en doute.



Pour nous en former une idée, nous n'avons qu'à considérer l'air, qui étant une matière fort subtile ici-bas, le devient de plus en plus en montant; & se perd pour ainsi dire entièrement, ou va se confondre avec l'éther. L'éther est donc aussi un fluide comme l'air, mais incomparablement plus subtil & plus délié, puisque nous savons que les corps célestes le traversent librement, sans y rencontrer de résistance sensible. Il a sans-doute aussi de l'élasticité, par laquelle il tend à se répandre en tout sens, & à pénétrer dans les espaces qui pourroient être vuides, desorte que si, par quelque'accident, l'éther étoit chassé de quelque'endroit, l'éther voisin s'y précipiteroit dans un instant, & cet endroit en seroit de nouveau rempli. En vertu de cette élasticité, l'éther ne se trouve pas seulement au-dessus de notre atmosphère, mais il la pénètre par-tout, s'insinue dans les pores de tous les corps ici-bas, & traverse ces pores assez librement. Si par le moyen de la machine pneumatique on pompe l'air d'un vase, il ne faut pas croire qu'il y ait alors du vuide, car l'éther, passant par les pores du vase, le remplit dans un instant; & quand on remplit de vif-argent un tuyau de verre assez long, & qu'on le tourne pour faire un baromètre, on croit voir au-dessus du vif-argent un vuide où il n'y a point d'air, puisque l'air ne sauroit passer à travers le verre; mais ce vuide, qui n'est qu'apparent, est sûrement rempli d'éther qui y entre sans

difficulté. C'est par cette subtilité & cette élasticité de l'éther, que j'aurai l'honneur d'expliquer à V. A. les phénomènes surprenans de l'électricité. Il est même très-vraisemblable, que l'éther ait une élasticité beaucoup plus grande que l'air, & que quantité d'effets dans la nature sont produits par cette force. Je ne doute même pas que la compression de l'air dans la poudre à canon ne soit l'ouvrage de la force élastique de l'éther; & puisque nous savons par l'expérience, que l'air y est presque mille fois plus condensé qu'à l'ordinaire, & que, dans cet état, son élasticité est autant de fois plus grande, il faut que l'élasticité de l'éther soit de la même force, & par conséquent mille fois plus grande que celle de l'air ordinaire. Nous aurons donc une idée assez juste de l'éther, en le regardant comme un fluide assez semblable à l'air, avec cette différence, que l'éther est incomparablement plus subtil & beaucoup plus élastique.

Ayant donc vu, que l'air, par ces mêmes qualités, devient propre à recevoir les agitations soit ébranlemens des corps sonores, & de les répandre en tout sens, ce qui fait la propagation du son, il est très-naturel, que l'éther puisse dans les mêmes circonstances, recevoir aussi des ébranlemens, & les continuer en tous sens à de plus grandes distances. Puisque les ébranlemens dans l'air nous fournissent *le son*, que pourroient nous fournir les ébranlemens de l'éther? V. A. le devinera sans-doute aisé-

ment; c'est la lumière ou les rayons. Il paroît très-certain, en effet, que la lumière est à l'égard de l'éther ce qu'est le son relativement à l'air; & que les rayons de lumière ne sont autre chose que des ébranlemens ou vibrations transmises par l'éther, comme le son consiste en des ébranlemens ou vibrations transmises par l'air. Il ne vient donc rien de plus du soleil jusqu'à nous, que d'une cloche, dont le bruit vient à nos oreilles. Ce système ne présente point le danger que le soleil, en éclairant, perde la moindre chose de sa substance, non plus qu'une cloche en sonnant. Ce que j'ai dit du soleil, doit aussi s'entendre de tous les corps lumineux, comme du feu d'une bougie, d'une chandelle, &c. V. A. m'objectera sans-doute, que ces lumières terrestres ne se consomment que trop évidemment, & qu'à moins qu'elles ne soient entretenues & nourries sans-cesse, leur lumière est bientôt éteinte, qu'ainsi le soleil devoit se consumer, & que le parallèle d'une cloche n'est pas juste. Mais il faut considérer que ces feux, outre leur lueur, jettent de la fumée & quantité d'exhalaisons, qu'il faut bien distinguer des rayons de lumière. Or la fumée & les exhalaisons y causent sûrement une diminution considérable, qu'il ne faut point attribuer aux rayons de la lumière; si on pouvoit les délivrer de la fumée & des autres exhalaisons, la qualité de luire ne causeroit, seule, aucune perte. On peut rendre par artifice le mercure lumineux, com-

me V. A. se souviendra bien de l'avoir vu, sans que le mercure perde absolument rien de sa substance, ce qui prouve que la lumière ne cause aucune perte dans les corps lumineux. Ainsi, quoique le soleil éclaire le monde entier par ses rayons, il ne perd rien de sa propre substance, sa lumière n'étant causée que par une certaine agitation, ou par un ébranlement extrêmement vif dans ses moindres particules, qui se communique à l'éther voisin, & qui, de là, est transmis en tout sens par l'éther jusques aux plus grandes distances, comme une cloche ébranlée communique à l'air son agitation. Plus on considère ce parallèle entre les corps sonores & les corps lumineux, & plus on le trouve conforme & d'accord avec l'expérience; au lieu que plus on veut faire l'application du système de l'émanation aux phénomènes, & plus il revolte.

*le 14 Juin 1760.*

---

## LETTRE XX.

QUANT à la propagation de la lumière par l'éther, elle se fait d'une manière semblable à celle du son par l'air; &, ainsi que l'ébranlement causé dans les particules de l'air constitue le son, de même l'ébranlement des particules de l'éther constitue la lumière ou les rayons de

la lumière, enforte que *la lumière n'est autre chose, qu'une agitation soit ébranlement, causé dans les particules de l'éther*, qui se trouve partout, à cause de l'extrême subtilité avec laquelle il pénètre tous les corps. Cependant ces corps modifient en différentes manières les rayons, en transmettant ou arrêtant la propagation des ébranlemens; c'est ce dont je parlerai plus amplement dans la suite. Je me borne à présent à la propagation des rayons dans l'éther même, qui remplit les espaces immenses entre le soleil & nous, & en général entre tous les corps célestes. C'est là, où la propagation se fait tout-à-fait librement. La première chose qui se présente ici à notre esprit, c'est la prodigieuse vitesse des rayons de la lumière, qui est environ 900,000 fois plus rapide que la vitesse du son, qui parcourt pourtant chaque seconde un chemin de 1000 pieds. Cette vitesse prodigieuse suffiroit déjà pour renverser le système de l'émanation; mais, dans celui-ci, elle est une suite naturelle de nos principes, comme V. A. le verra, j'espère, avec pleine satisfaction. Ce sont les mêmes principes, sur lesquels la propagation du son par l'air est fondée, laquelle d'un côté dépend de la densité de l'air, & de l'autre de son élasticité. Or cette dépendance nous donne à connoître que, si la densité de l'air diminuoit, le son seroit accéléré, & si l'élasticité de l'air augmentoit, il en seroit de même. Si donc la densité de l'air devenoit à la fois plus petite & son

élasticité plus grande, il y auroit une double raison pour l'augmentation de la vitesse du son. Concevons donc que la densité de l'air soit diminuée au point qu'elle devienne égale à la densité de l'éther, & que l'élasticité de l'air soit augmentée au point qu'elle devienne aussi égale à l'élasticité de l'éther, & nous ne ferons plus surpris, que la vitesse du son devienne plusieurs milliers de fois majeure qu'elle n'est effectivement; car V. A. se souviendra que, selon les premières idées que nous nous sommes formées de l'éther, cette matière doit absolument être incomparablement moins dense ou plus rare que l'air, & incomparablement plus élastique; or, ces deux qualités contribuent également l'une & l'autre à accélérer la vitesse des ébranlemens. D'après ces explications, il s'en faut bien que la prodigieuse vitesse de la lumière ait quelque chose de choquant, elle est plutôt parfaitement d'accord avec nos principes; & le parallèle entre la lumière & le son est, à cet égard, si bien établi, que nous pouvons soutenir hardiment, que si l'air devenoit aussi subtil & autant élastique que l'éther, la vitesse du son deviendroit aussi rapide que celle de la lumière. La subtilité de l'éther & son élasticité surprenante fera donc la raison que nous donnerons de ce que la lumière se meut avec une vitesse si prodigieuse: & que, tant que l'éther conserve ce même degré de subtilité & d'élasticité, il faut que la même lumière passe avec le même degré de vitesse. Or on ne fau-

roit douter que l'éther n'ait dans tout l'espace de l'univers la même subtilité & la même élasticité; car si l'éther étoit plus élastique dans un endroit que dans un autre, il s'y porteroit, en se répandant davantage, jusqu'à ce que l'équilibre fut entièrement rétabli. Les rayons des étoiles se meuvent donc aussi vite que ceux du soleil; & comme les étoiles sont beaucoup plus éloignées de nous que le soleil, il leur faut plus de tems avant que les rayons en viennent jusqu'à nous. Quelque prodigieuse que nous paroisse la distance du soleil, dont les rayons nous parviennent cependant en 8 minutes, l'étoile fixe, la plus près de nous, en est pourtant plus de 400,000 fois plus éloignée que le soleil: un rayon de lumière, qui part de cette étoile, emploiera donc un tems de 400,000 fois 8 minutes avant que de parvenir jusqu'à nous, ce qui fait 53333 heures, ou 2222 jours, soit six ans à-peu-près. Il y a donc six ans que les rayons de l'étoile fixe, même la plus brillante, qui est probablement la plus proche, qui entrent dans les yeux de V. A. pour y représenter cette étoile, en sont partis, & ont employé un tems si long pour parvenir jusqu'à nous. Et s'il plaisoit à Dieu de créer à présent, à la même distance, une nouvelle étoile fixe, nous ne la verrions qu'après six ans passés, puisque ses rayons ne sauroient arriver plutôt jusqu'à nous. Et si au commencement du monde les étoiles ont été créées en même tems qu'Adam, il n'aura pu

voir les plus proches qu'au bout de 6 ans, & les plus éloignées, au bout d'un tems proportionné avant que de les découvrir. Donc si Dieu avoit créé en même tems des étoiles encore mille fois plus éloignées, nous ne les verrions pas encore, quelque brillantes qu'elles puissent être, puisqu'il ne s'est pas encore écoulé 6000 ans depuis la création. Le premier prédicateur de la cour de Brunswig, Mr. Jérusalem, a parfaitement bien employé cette pensée dans un de ses sermons, où se trouve le passage suivant :

*Elevez vos pensées de cette terre que vous habitez, à tous les corps du monde, qui sont au-dessus de vous ; parcourez l'espace qu'il y a depuis les plus éloignés que vos yeux puissent découvrir, jusqu'à ceux dont la lumière, depuis le commencement de leur création jusqu'à présent, n'est peut-être pas parvenue encore jusqu'à nous. L'immensité du royaume de Dieu permet cette peinture. Sermon sur le ciel & la béatitude éternelle.*

Je suis bien sûr que V. A. fera plus édifiée de ce passage, que tout l'auditoire de Mr. Jérusalem, pour qui cette pensée sublimée aura été inconcevable, & j'espère que cette réflexion fera naître à V. A. la curiosité de continuer à s'instruire sur le reste de ce qui regarde le véritable système de la lumière, d'où dérive la théorie des couleurs & de toute la vision.

le 17 Juin 1760.

LÉTTRE



## L E T T R E   X X I.

C E que j'ai eu l'honneur de dire à *V. A.* sur le tems que les rayons des étoiles mettent à parvenir jusqu'à nous, est très-propre à donner une idée de l'étendue & de la grandeur du monde. La vitesse du son qui parcourt chaque seconde un espace de 1000 pieds, nous fournit presque la première mesure : elle est environ 200 fois plus rapide que celle d'un homme qui marche bien. Or la vitesse des rayons de la lumière est encore 900,000 fois plus grande que celle du son, ses rayons parcourent chaque seconde l'espace de 900 millions de pieds ou de 37500 milles d'Allemagne; quelle prodigieuse vitesse! cependant l'étoile fixe la plus proche de nous, est si éloignée, que ses rayons, malgré cette vitesse prodigieuse, employent 6 ans avant que d'arriver jusqu'à nous; & s'il étoit possible qu'un grand bruit, tel que celui d'un coup de canon, produit dans cette étoile, put être transmis jusqu'à nous, il s'écouleroit 5,400,000 années, avant que nous l'aperçussions. Cela ne regarde que les étoiles les plus brillantes, qui nous sont probablement les plus proches; & il est très vraisemblable que les plus petites sont encore dix fois plus éloignées de nous & davantage. Il faudra donc bien un siècle entier, avant que les

rayons de ces étoiles parviennent jusqu'à nous : quelle distance prodigieuse qui ne sauroit être parcourue qu'en 100 ans, par une vitesse qui achève chaque seconde un chemin de 37500 milles d'Allemagne ! Si donc à présent, une de ces étoiles étoit anéantie, ou seulement éclipsee, nous ne laisserions pas de la voir encore pendant 100 ans de suite, puisque les derniers rayons qui en feroient fortis, n'arriveroient jusqu'à nous qu'au bout de ce tems. On se forme ordinairement des idées trop petites & trop bornées de ce monde, & ces esprits qui se croient si forts, le regardent comme un ouvrage de fort peu d'importance, qu'un pur hasard auroit pu produire, & qui mérite à peine leur attention ; mais *V. A.* conviendra, que ces mêmes esprits, quelque forts qu'ils se croient, sont bien bornés, & fera, par contre, vivement pénétrée du plus profond respect envers ce grand souverain, dont la puissance s'étend dans un espace si immense, où tout ce qui s'y trouve est soumis à son pouvoir absolu. Quelle doit être notre admiration ! quand nous considérons que tous ces corps immenses, qui se trouvent dans le monde, sont arrangés selon la plus grande sagesse, desorte que plus nous avançons en connoissance à cet égard, quoiqu'elle soit toujours infiniment imparfaite, plus nous y découvrons de sujets d'en admirer l'ordre & les perfections. Et qu'est-ce que le globe terrestre que nous habitons, en com-

paraïson de tous ces ouvrages, où même notre admiration se perd entièrement? Un véritable rien; & pourtant nous éprouvons tous les jours les marques les plus éclatantes d'une providence toute particulière du Grand-Maitre de l'univers. Mais l'éloquence me manque pour représenter ces choses dans toute leur grandeur, & *V. A.* y suppléera par les réflexions qu'elle voudra bien faire elle-même sur ces importants objets. Je retourne aux grands corps lumineux, & particulièrement au soleil, qui est la principale source de la lumière & de la chaleur dont nous jouïssons sur la terre. On demande d'abord en quoi consiste la lumière que le soleil répand continuellement par tout l'univers, sans souffrir jamais la moindre diminution? La réponse ne peut plus être difficile suivant le système de la lumière que je viens d'établir, mais celui de l'émanation ne fauroit y satisfaire en aucune manière. Tout l'univers étant rempli de ce fluide extrêmement subtil & élastique, qu'on nomme l'éther, il faut supposer dans toutes les parties du soleil une agitation continuelle, par laquelle chaque particule se trouve dans un ébranlement & dans un mouvement de vibration perpétuelle, qui, se communiquant à l'éther voisin, excite une agitation semblable, qui est transmise toujours plus loin, en tout sens, avec la rapidité dont je viens de parler si amplement. Donc, pour soutenir le parallèle entre le son & la lumière, le soleil seroit

semblable à une cloche qui sonneroit sans-  
ceſſe : il faut par conféquent que les particu-  
les du ſoleil ſoient entretenues perpétuelle-  
ment dans cette agitation , qui produit dans  
l'éther ce que nous nommons rayons de lu-  
mière. Or c'eſt encore une difficulté , que  
d'expliquer par quelle force cette agitation  
perpétuelle dans les particules du ſoleil eſt en-  
treenue , puisſque nous ſavons qu'une chan-  
delle allumée ne brûle pas long-tems , & qu'elle  
ſ'éteint bientôt , à moins qu'elle ne ſoit nour-  
rie par des matières combuſtibles. Mais il  
faut remarquer , que le ſoleil étant une maſſe  
plusieurs milliers de fois plus grande que tou-  
te la terre , s'il eſt une fois bien enflammé ,  
la flamme pourroit bien durer pendant plu-  
ſieurs ſiècles , avant que de ſouffrir quelque  
diminution ; de plus , le ſoleil n'eſt pas dans  
le cas de nos feux & de nos chandelles , dont  
une bonne partie de la ſubſtance ſe diſſipe en  
fumée & par l'exhalaïſon , d'où réſulte une  
perte réelle ; au lieu que , quoique peut-être  
quelque particule ſoit chaffée du ſoleil en for-  
me de fumée , elle ne s'en éloigne pas beau-  
coup , & retourne bientôt dans ſa maſſe , de-  
ſorte qu'il ne ſauroit y avoir une perte réelle ,  
qui puiſſe cauſer une diminution dans ſa ſub-  
ſtance. La ſeule choſe que nous ignorons  
encore ſur cet article , eſt la force qui entre-  
tient conſamment toutes les particules du ſo-  
leil dans cette agitation : or cela n'a rien du  
tout qui choque le bon ſens ; & comme nous

sommes forcés de reconnoître notre ignorance à l'égard de plusieurs autres choses, bien plus proches de nous que le soleil, nous devons être contents, quand nos idées ne renferment rien de revoltant.

*le 21 Juin 1760.*

## LE T T R E XXII

LE soleil étant un corps lumineux, dont les rayons sont répandus tout-au-tour & en tout sens, *V. A.* ne fera plus indécise sur la cause de ce merveilleux phénomène, qui consiste dans l'ébranlement ou la vibration, dont toutes les particules du soleil sont agitées. Le parallèle d'une cloche est fort propre à nous éclaircir sur cet article. Mais il est très-naturel, que les vibrations, qui causent la lumière, soient beaucoup plus vives & plus rapides que celles qui causent le son, puisque l'éther est incomparablement plus subtil que l'air. Une agitation foible n'étant pas capable d'ébranler l'air pour y produire un son, celle d'une cloche & de tous les autres corps, qui en rendent, sont trop foibles relativement à l'éther, pour y produire l'ébranlement qui constitue la lumière. *V. A.* se souviendra que, pour exciter un son sensible, il faut qu'il se fasse dans une seconde plus de 30 & moins de 3000 vi-

brations, l'air étant trop subtil pour que moins de 30 vibrations puissent y produire un effet sensible; mais qu'il est trop grossier pour en recevoir plus de 3000. Un son si haut se perdrait enfin tout-à-fait. Il en est de même de l'éther, & trois mille vibrations rendues dans une seconde font un objet trop grossier pour lui; il faut des vibrations beaucoup plus fréquentes, & plusieurs milliers rendus par seconde, avant qu'elles soient capables d'agir sur l'éther, & d'y exciter un ébranlement. Une agitation si rapide ne fauroit avoir lieu que dans les plus petites particules des corps qui, par leur imperceptibilité, échappent à nos sens. La lumière du soleil est donc produite par une agitation extrêmement vive & rapide, qui se trouve dans toutes les moindres particules du soleil, dont chacune doit s'ébranler plusieurs milliers de fois pendant chaque seconde. Une telle agitation produit aussi la lumière des étoiles fixes, & de tous les feux, tels que les chandelles, les bougies, les flambeaux &c. qui nous tiennent lieu du soleil pendant la nuit, en nous éclairant. En regardant la flamme d'une bougie *V. A.* reconnoitra aisément qu'il y règne, dans les plus petites particules, une agitation surprenante; & je ne crois pas, que mon système trouve de ce côté aucune contradiction, pendant que le système de Newton exige une agitation infiniment prodigieuse, capable de lancer les plus petites particules avec une vitesse qui parcourt 37500

milles d'Allemagne dans une seconde. Voilà donc l'explication de la nature des corps lumineux par eux-mêmes : car il y a des corps lumineux, qui ne le sont pas d'eux-mêmes, tels que la lune & les planètes, qui sont des corps semblables à notre terre. Nous ne voyons la lune, que quand & autant qu'elle est éclairée ou enluminée par le soleil, & c'est le cas de tous les corps terrestres, si l'on excepte les feux & les flammes qui luisent par eux-mêmes. Mais les autres corps qu'on nomme opaques, ne nous deviennent visibles, qu'autant qu'ils sont éclairés par quelqu'autre lumière. Dans une nuit fort obscure, ou dans une chambre si bien fermée par-tout, qu'il ne sauroit y entrer aucune lumière, on a beau fixer les yeux vers les objets qui se trouvent dans les ténèbres, on ne verra rien ; mais dès qu'on y apporte une bougie allumée, on verra d'abord non-seulement la bougie, mais les autres corps qui étoient invisibles auparavant. Voilà donc une différence très-essentielle entre les corps lumineux, & les corps opaques. J'ai déjà employé ce même nom *d'opaque* pour désigner les corps qui ne sont pas transparens ; mais la chose revient à-peu-près au même, & il faut s'accommoder à l'usage de parler, quoiqu'il y ait quelque différence. Les corps lumineux nous sont visibles par leur propre lumière, & n'ont pas besoin d'une lumière étrangère pour être vus ; on ne les voit jamais mieux que dans les plus épaisses ténèbres, mais ceux que je nomme

ici opaques, ne nous sont visibles que par le secours d'une lumière qui leur est étrangère. Nous ne les voyons point tant qu'ils sont dans les ténèbres; mais aussitôt qu'ils sont exposés à un corps lumineux, dont les rayons puissent les frapper, nous les voyons, & ils disparaissent dès qu'on ôte cette lumière étrangère. Il n'est pas même besoin, que les rayons d'un corps lumineux les frappent immédiatement; un autre corps opaque, lors qu'il est bien éclairé, produit à-peu-près le même effet, mais d'une manière plus foible. La lune nous en fournit un bel exemple. Nous savons que la lune est un corps opaque, mais quand elle est éclairée du soleil, & que nous la voyons de nuit, elle éclaire foiblement tous les corps opaques sur terre, & nous rend visibles ceux qui nous seroient invisibles sans elle. Quand je me trouve de jour dans une chambre à l'exposition du nord, où les rayons du soleil ne peuvent pas entrer, il y fait pourtant clair, & j'y puis tout distinguer; & quelle seroit la cause de cette clarté? si ce n'étoit que le ciel tout entier est éclairé du soleil, ce que nous nommons le bleu du ciel, de plus les murailles vis-à-vis ma chambre, & les autres objets sont aussi éclairés; ou immédiatement par le soleil, ou médiatement par d'autres corps opaques éclairés; & la lumière de tous ces corps opaques mais éclairés, entrant dans ma chambre, la rend claire, & d'autant plus, que les fenêtres sont hautes, larges, & bien arrangées; les



vitres des fenêtres n'y nuisent presque point , puisque le verre , comme j'ai déjà remarqué , est un corps transparent , qui accorde un libre passage à la lumière. Quand je ferme bien les volets de mes fenêtres , desorte que la lumière de dehors ne sauroit plus entrer dans ma chambre , je suis dans les ténèbres ; & je n'y vois rien si je ne fais pas apporter une chandelle. Voilà donc une différence bien essentielle entre les corps lumineux & les corps opaques , & une ressemblance bien remarquable , savoir , que les corps opaques éclairés , éclairent les autres corps opaques , & produisent à cet égard à-peu-près le même effet , que les corps lumineux par eux-mêmes. L'explication de ce phénomène a bien tourmenté les philosophes jusqu'à présent , mais je me flatte de l'avoir rendue à *V. A.* d'une manière claire & satisfaisante.

*le 24 Juin 1760.*

---

### LE T T R E XXIII.

**A**VANT que d'entreprendre l'explication du phénomène , par lequel les corps opaques nous deviennent visibles lorsqu'ils sont éclairés , il faut remarquer en général , que nous ne voyons rien que par les rayons qui entrent dans nos yeux. Quand nous voyons un objet quel-

conque, des rayons partans de chaque point de cet objet, & entrant dans l'œil y peignent, pour ainsi dire, l'image de cet objet. Ceci n'est pas une simple conjecture, on peut le prouver par l'expérience. On prend un œil de bœuf, ou de quelqu'autre bête fraîchement tuée, & après avoir découvert le fonds, on y voit dépeints tous les objets qui se trouvent devant. Toutes les fois donc que nous voyons un objet, l'image en est peinte sur le fonds des yeux; & cette image est l'ouvrage des rayons qui proviennent de l'objet, & qui entrent dans les yeux. J'aurai l'honneur de présenter à V. A. dans la suite, une explication plus détaillée de la vision, & de la manière dont les images des objets sont formées sur le fonds de l'œil; cette remarque générale suffit pour le présent. Puis donc que nous ne voyons les corps opaques, que quand ils sont éclairés, c'est que des rayons proviennent de tous les points de ces corps; qui ne subsistent que tant que les corps sont éclairés; dès qu'ils se trouvent dans les ténèbres, ces rayons s'évanouissent; ces rayons ne sont donc pas propres aux corps opaques, & leur origine doit se chercher dans l'illumination. Et c'est la grande question, comment l'illumination seule est capable de produire des rayons sur les corps opaques, ou de les mettre à-peu-près dans le même état où se trouvent les corps lumineux qui, par une agitation dans leurs moindres particules, produisent des ra-

yois. Le grand Newton, & les autres philosophes qui ont examiné cette matière, en admettent la réflexion pour cause; il est donc de la dernière importance que *V. A.* se forme une juste idée de ce qu'on nomme réflexion. On donne ce nom à la répulsion d'un corps choqué par un autre, comme on le voit dans le jeu du billard. Quand on joue la bille contre le rebord ou la bande du billard, elle en réjaillit, elle en est réfléchie, & ce changement se nomme réflexion. Il est bon de distinguer ici *Tab. 1. fig. 7.* deux cas. Supposé que *AB* soit la bande du billard, le premier cas est, lorsqu'on joue la bille *D* perpendiculairement contre la bande, suivant la direction *DC*, desorte que cette ligne *DC* soit perpendiculaire à la bande *AB*, & partant les angles ensuite *ACD* & *BCD*, droits; dans ce cas, la bille sera repoussée ou réfléchie sur la même ligne *DC*. L'autre cas est, lorsque la bille est jouée obliquement vers la bande, comme si l'on pouffoit la bille *E* selon la ligne *EC*, qui fasse avec la bande *AC* un angle aigu *ACE*, qu'on nomme *l'angle d'incidence*; alors la bille sera repoussée par la bande selon la ligne *CF*, enforte que cette ligne fasse de l'autre côté avec la bande *BC* un angle *BCF*, précisément égal à l'angle d'incidence *ACE*. On nomme cet angle *BCF*, sous lequel la bille est réfléchie, *l'angle de réflexion*; & on tire de-là cette règle générale, que, dans toutes les réflexions, l'angle d'incidence

est toujours égal à l'angle de réflexion. Cette loi s'observe toujours, lorsqu'un corps, dans son mouvement, rencontre des obstacles; & un boulet de canon tiré contre une muraille assez forte, qu'il ne sauroit percer, en est réfléchi conformément à cette règle, que l'angle de réflexion est toujours égal à l'angle d'incidence. Cette règle s'étend de même aux sons, qui sont souvent réfléchis de certains corps; & *V. A.* n'ignore pas, que cette réflexion des sons s'appelle écho. Aussi n'y a-t-il point de doute, qu'elle n'ait lieu souvent dans les rayons de lumière. Les objets que nous voyons dans les miroirs, nous sont représentés par la réflexion des rayons, & toutes les fois qu'une surface est bien polie, elle réfléchit les rayons de lumière qui y tombent. Il est donc très-certain, qu'il y a une infinité de cas, où les rayons, qui tombent sur certains corps, en sont réfléchis; & les philosophes ont pris de-là occasion de soutenir, que nous voyons les corps opaques par des rayons réfléchis. Je vois à présent les maisons vis-à-vis mes fenêtres, qui sont éclairées par le soleil: donc, selon le sentiment de ces philosophes, les rayons du soleil qui tombent sur la surface de ces maisons, en sont réfléchis: ils entrent dans ma chambre, & me rendent ces maisons visibles. C'est de la même manière, suivant ces philosophes, que nous voyons la lune & les planètes qui sont, sans-contredit, des corps opaques. Les rayons du soleil qui tombent

sur ces corps & qui en éclairent la partie qui lui est exposée, en sont réfléchis, & parviennent de-là jusqu'à nous, tout comme si ces corps étoient lumineux d'eux-mêmes. Donc, suivant ce sentiment, nous ne voyons la lune & les planètes que par les rayons du soleil qui en sont réfléchis, & *V. A.* aura déjà bien entendu dire souvent, que la lumière de la lune est une réflexion de la lumière du soleil. C'est ainsi, dit-on, que les corps opaques éclairés du soleil, quand ils jettent leurs rayons réfléchis sur d'autres corps opaques, en sont de nouveau réfléchis, & ceux-ci, en tombant encore sur d'autres, souffrent une troisième réflexion, & ainsi de suite. Mais quelque probable que puisse paroître ce sentiment au premier coup-d'œil, il renferme tant d'absurdités, dès qu'on l'examine de plus près, qu'il est absolument insoutenable, comme j'aurai l'honneur de le prouver invinciblement à *V. A.* pour lui présenter ensuite la véritable explication de ce phénomène.

*le 28 de Juin 1760.*

---

## LETTRE XXIV.

**J**E dis donc que lorsque nous voyons un corps opaque éclairé par le soleil, il est insoutenable de dire, que les rayons en soient ré-

fléchis, & que ce soit par ces rayons réfléchis, que nous voyons le corps. L'exemple d'un miroir qui réfléchit, sans - contredit, les rayons, & dont on se sert pour prouver ce sentiment, prouve plutôt le contraire. Le miroir renvoie, sans-doute, les rayons qui y tombent, mais lorsque ces rayons réfléchis entrent dans nos yeux, que représentent-ils ? *V. A.* me dira d'abord, que ce n'est pas le miroir mais les objets d'où ils sont partis originellement, & la réflexion ne fait autre chose que de nous faire voir ces objets dans un autre lieu. Aussi ne voyons-nous pas ces objets dans la surface du miroir, mais plutôt au-dedans ; & on peut bien dire, que le miroir même nous reste invisible. Mais en regardant un corps opaque éclairé par le soleil, nous n'y voyons pas le soleil ; nous ne voyons que la surface de ce corps, avec toutes les variations qui s'y trouvent ; on doit donc reconnoître une différence très - essentielle entre les rayons qui sont réfléchis d'un miroir, & ceux par lesquels nous voyons les corps opaques. Mais il est encore une autre différence aussi palpable dans le miroir ; car en changeant les objets devant le miroir, leur place, ou notre propre situation, l'apparition changera toujours, & les rayons réfléchis du miroir, représenteront continuellement à nos yeux d'autres images, qui répondent à la nature & à la position des objets, & au lieu où nous sommes postés ; mais comme j'ai déjà dit,

ces rayons réfléchis ne nous présentent jamais le miroir même. Or, qu'un corps soit éclairé par le soleil ou par d'autres corps lumineux ou opaques, déjà éclairés, de quelque manière que ce corps change de place, ou que nous en changions nous-mêmes par rapport à lui, l'apparition en est toujours la même; nous voyons toujours le même objet, & nous n'y remarquons aucun changement qui se rapporte aux diverses circonstances susdites; ce qui fournit une nouvelle preuve, que nous ne voyons point les corps opaques par des rayons réfléchis de leur surface. Je prévois bien ici une objection tirée du col des pigeons & de certaines espèces d'étoffes, qui nous offrent des spectacles différens, selon que notre point de vûe change; mais cela n'affoiblit en aucune manière ma conclusion à l'égard des corps opaques ordinaires, qui ne sont pas assujettis à ce changement; cette objection ne prouve autre chose, sinon, que ces objets singuliers sont doués de certaines qualités, comme, par exemple, que leurs moindres particules sont bien polies, & qu'il y arrive une véritable réflexion, outre la manière ordinaire & commune, dont les corps nous sont visibles. Or on comprend aisément, que cette réflexion doit être bien distinguée de la manière dont les corps opaques ordinaires sont éclairés. Enfin les rayons réfléchis d'un miroir nous représentent aussi toujours les couleurs des corps d'où ils provien-

nent originairement, & le miroir, où se fait la réflexion, n'y échange rien. Un corps opaque illuminé par quelqu'autre corps, de quelque manière qu'il soit éclairé, nous présente toujours les mêmes couleurs; & on peut dire que chaque corps a sa propre couleur. Cette circonstance renverse absolument le sentiment de tous ceux, qui prétendent que nous voyons les corps opaques par le moyen des rayons qui sont réfléchis de leur surface. En joignant ensemble toutes les raisons que je viens d'expliquer à *V. A.* elle ne balancera pas de prononcer, que ce sentiment ne sauroit être soutenu en aucune façon, en philosophie, ou plutôt en physique. Cependant je ne saurois me flatter que les philosophes, trop attachés à leurs sentimens une fois reçus, se rendent à ces raisons; mais les physiciens, qui sont plus étroitement liés avec les mathématiciens, ont moins de difficultés à changer de sentiment sur des raisons aussi fortes. *V. A.* se rappellera encore ici, ce qu'a dit Cicéron sur ce sujet: que rien ne sauroit être imaginé de si absurde, qui ne soit soutenu par quelque philosophe. En effet, quelque'étrange que puisse paroître à *V. A.* le système que je viens de refuter, il a été soutenu & défendu jusqu'ici avec beaucoup de chaleur. On ne sauroit dire que les inconvéniens & les contradictions, que je viens de mettre sous les yeux de *V. A.* fussent inconnues aux partisans de ce système. Le grand Newton lui-même en



a bien senti la force ; mais comme il s'est arrêté à l'idée la plus étrange sur la propagation des rayons : il ne faut pas être surpris , qu'il ait pu passer sur ces grandes incongruités ; & , en général , la profondeur de l'esprit ne garantit jamais d'absurdité pour des sentimens qu'on a une fois embrassés. Mais si ce système , que les corps opaques sont vus par des rayons réfléchis , est faux , disent ses partisans , quelle en est donc la véritable explication ? Il leur semble même , qu'il est impossible d'imaginer une autre explication de ce phénomène , & d'ailleurs il est trop difficile & trop humiliant pour un philosophe d'avouer son ignorance sur quelque article que ce soit. Il préfère toujours de soutenir les plus grandes absurdités , sur-tout quand il possède le secret de les envelopper dans des termes obscurs , que personne ne peut comprendre ; car alors le vulgaire admire davantage les savans , en s'imaginant que ces obscurités sont fort lumineuses pour eux. Du moins il faut toujours être en défiance , quand les savans se vantent de connoissances si sublimes , qu'ils ne fau- roient rendre intelligibles. J'espère expliquer le phénomène en question de manière que V. A. n'y trouvera rien de difficile à comprendre.

*le 1 Juillet 1760.*

## L E T T R E   X X V .

Tous les phénomènes sur les corps opaques, que j'ai développés dans ma précédente lettre, prouvent invinciblement que , lorsque nous voyons un corps opaque éclairé, ce n'est pas par des rayons réfléchis de sa surface que nous le voyons; mais que les moindres particules dans sa surface se trouvent dans une agitation semblable à celle, dont les moindres particules des corps lumineux sont ébranlées; avec cette différence cependant, que l'agitation dans les corps opaques n'est pas à beaucoup près si forte que dans les corps lumineux d'eux-mêmes, attendu qu'un corps opaque, quelque éclairé qu'il soit, ne fait jamais dans l'œil une impression si vive que les corps lumineux. Puisque nous voyons les corps opaques mêmes, & point du tout les images des corps lumineux qui les éclairent, comme cela devoit arriver, si nous les voyons réfléchis de leur surface: il faut que les rayons par lesquels nous les voyons, leur soient propres, & leur appartiennent aussi étroitement, que les rayons des corps lumineux à ceux-ci. Tant qu'un corps opaque est éclairé, les moindres particules dans sa surface se trouvent donc dans une agitation propre à produire dans l'éther un mouvement de vibration tel qu'il faut pour former des rayons, & peindre dans nos yeux l'image de

leur original. Pour cet effet il faut que , de chaque point de la surface , il soit répandu des rayons en tout sens ; ce que l'expérience confirme évidemment ; puisque , de quelque côté que nous regardions un corps opaque , nous le voyons également dans tous ces points ; d'où il suit , que chaque point envoie des rayons en tout sens. Cette circonstance distingue essentiellement ces rayons des rayons réfléchis , dont la direction est toujours déterminée par celle des rayons incidens , desorte que si les rayons incidens viennent d'une seule région , comme du soleil , les rayons réfléchis ne suivroient qu'une seule direction. Nous reconnoissons donc que , dès qu'un corps opaque est éclairé , toutes les plus petites particules qui se trouvent dans sa surface , sont mises dans une certaine agitation , qui produit des rayons , comme j'ai fait voir que cela arrive dans les corps lumineux par eux-mêmes. Cette agitation est aussi d'autant plus forte que la lumière qui éclaire est efficace : ainsi le même corps , exposé au soleil , est beaucoup plus vivement agité , que s'il n'est qu'éclairé par le jour dans une chambre , ou , de nuit , par une bougie ou par le clair de la lune. Dans le premier cas son image est peinte beaucoup plus vivement sur le fonds de l'œil que dans les autres , & sur-tout dans celui du clair de lune , dont l'illumination suffit à peine à distinguer ou à lire une écriture fort grosse ; & lorsqu'on transporte le corps opaque dans

une chambre obscure, ou dans les ténèbres, on n'en voit plus rien, ce qui est une marque certaine que l'agitation, dans ses parties, a tout-à-fait cessé, & qu'elles se trouvent en repos. Voilà donc en quoi consiste la nature des corps opaques; c'est que leurs particules sont d'elles-mêmes en repos, ou du moins dépourvues de l'agitation qu'il faut pour produire de la lumière ou des rayons; mais ces mêmes particules ont une telle disposition que, lorsqu'elles sont éclairées, ou que des rayons de lumière y tombent, elles sont d'abord mises dans un certain ébranlement ou mouvement de vibration propre à produire des rayons; & plus la lumière qui éclaire ces corps est vive, plus aussi l'agitation sera forte. Tant donc, qu'un corps opaque est éclairé, il se trouve dans le même état que les corps lumineux; ses moindres particules étant agitées de la même manière, & capables d'exciter des rayons dans l'éther, avec la différence que, dans les corps lumineux, cette agitation subsiste d'elle-même, entretenue par une force intrinsèque; au lieu que, dans les corps opaques, cette agitation est accessoire, n'étant produite que par la lumière qui les éclaire, & qu'elle est entretenue par une force étrangère, qui ne réside pas dans le corps même, mais dans l'illumination. Cette explication satisfait à tous les phénomènes, & n'est sujette à aucun des inconvéniens qui nous ont fait abandonner l'autre, fondée sur la réflé-

xion. Quiconque voudra bien peser toutes ces circonstances, n'en disconvient pas; mais il reste encore une difficulté très-grande; c'est d'expliquer comment la simple illumination, qui éclaire un corps opaque, est capable de mettre en agitation les plus petites particules, & précisément dans une agitation qui produise des rayons; & que cette agitation demeure à-peu-près toujours la même, quelque différence qui se trouve dans l'illumination. J'avoue, que si l'on ne pouvoit pas répondre à cette question, ce seroit un grand défaut dans ma théorie, quoiqu'elle n'en feroit point renversée; car il n'y a rien là de revoltant. La seule chose que j'ignorerois, savoir, comment l'illumination produit une agitation dans les moindres particules des corps opaques, ne marqueroit qu'une imperfection dans cette théorie, & si l'on ne peut pas démontrer une impossibilité absolue que l'illumination produise cet effet, mon système pourra toujours subsister. Mais je suppléerai encore à ce défaut, & ferai voir à *V. A.* très-clairement, comment l'illumination agite les plus petites particules des corps.

*le 5 Juillet 1760.*

## L E T T R E XXVI.

JE me suis engagé à faire comprendre à V. A. comment l'illumination d'un corps opaque doit produire dans ses moindres particules une agitation propre à exciter des rayons de lumière, qui nous rendent ce même corps opaque visible. Le parallèle entre le son & la lumière, qui ne diffèrent que du plus au moins, la lumière étant la même chose à l'égard de l'éther que le son à l'égard de l'air, ce parallèle, dis-je, me mettra en état de m'acquiescer de mon engagement. Les corps lumineux doivent être comparés à des instrumens de musique, mis en action, ou qui sonnent actuellement. Il est indifférent que ce soit par une force intrinsèque, ou parcequ'ils sont touchés par des forces étrangères; il me suffit, qu'ils sonnent & fassent du bruit. Les corps opaques, tant qu'ils ne sont pas éclairés, doivent être comparés à des instrumens de musique hors d'action, ou bien à des cordes tendues qui, sans être touchées, ne rendent aucun son. Notre question étant donc transportée de la lumière au son, se réduit à ceci: si une corde tendue en repos, se trouvant dans le bruit des instrumens de musique, en reçoit quelqu'agitation, & commence à sonner, sans être touchée? C'est ce que l'expérience nous apprend qui arrive effectivement. Si V.

*A.* veut bien prendre la peine de considérer une corde tendue, pendant un concert, ou pendant le bruit de toutes sortes d'instrumens de musique, elle remarquera que cette corde tremblera sans qu'on'y ait touché, & donnera le même son que si elle eut été touchée. Cette expérience réussit mieux encore, si les instrumens rendent le même son que la corde. Que *V. A.* considère attentivement les cordes d'un clavecin où l'on ne joue pas, pendant qu'un violon donne le son *a*, par exemple, bien fort, & elle remarquera que, sur ce clavecin, la corde de ce même son commencera à trembler assez sensiblement, même à sonner, sans avoir été touchée; quelques autres cordes seront aussi agitées, particulièrement celles qui tiennent au son qu'on joue, une octave, ou une quinte, & souvent aussi une tierce, pourvu que l'instrument soit parfaitement accordé. Ce phénomène est très-connu des musiciens, & Mr. Rameau, grand compositeur François, établit là-dessus ses principes de l'harmonie. Il prétend que les octaves, quintes & tierces, doivent être connues pour des consonances, par la raison qu'une corde est agitée par le seul son d'une autre corde, qui est le même que celui que la première corde rend, ou qui y tient l'intervalle d'une octave, d'une quinte ou d'une tierce. Mais il faut convenir que les principes de l'harmonie sont si bien établis par la simplicité des rapports que les sons tiennent entr'eux, qu'ils n'ont pas besoin d'un

nouvel appui. Le phénomène dont je parle est plutôt une conséquence fort naturelle des principes de l'harmonie. Pour rendre cela plus sensible, considérons deux cordes accordées pour le même son; en frappant l'une, l'autre commencera d'elle-même à trembler & à sonner. La raison en est assez claire; car comme une corde communique à l'air en tremblant, un mouvement de vibration semblable, l'air, réciproquement, agité de ce mouvement de vibration, doit faire trembler la corde, pourvu que, par sa tension, elle soit susceptible de ce mouvement. L'air étant agité d'un mouvement de vibration frappe tant soit peu la corde à chaque coup, & la répétition des coups, par chaque vibration, imprime bientôt à la corde un mouvement sensible; puisque les vibrations auxquelles elle est disposée par sa tension, conviennent avec celles qui se trouvent dans l'air. Si le nombre des vibrations dans l'air est la moitié ou le tiers, ou tel que le rapport soit assez simple, la corde ne reçoit pas une nouvelle impulsion à chaque vibration, comme dans le cas précédent, mais seulement à la seconde, ou troisième ou quatrième &c. ce qui continuera d'augmenter son tremblement, mais pas si fort que dans le premier cas. Mais si le son ne tient dans l'air, aucun rapport simple avec celui qui convient à la corde, l'agitation de l'air ne produit aucun effet sur elle, les vibrations de la corde, s'il y en a, ne se rencôn-



trant pas avec celles de l'air ; les impulsions suivantes de l'air détruisent , pour la plupart, l'effet que les premières peuvent avoir produit ; c'est ce que l'expérience confirme admirablement. Ainsi pour qu'une corde soit ébranlée par le seul bruit d'un son, l'effet sera plus sensible quand le son, dans l'air, est précisément le même que celui de la corde. D'autres sons, qui ont une consonance avec celui de la corde, produiront bien un effet semblable, mais moins sensible, & les dissonances n'en produisent aucun. Cette circonstance a lieu, non seulement dans les cordes, mais dans tous les corps sonores. Une cloche sonnera par le seul bruit d'une autre cloche, qui y tient une belle harmonie, c'est-à-dire, ou le même son, ou l'octave, ou la quinte, ou la tierce. L'histoire nous fournit un exemple dans les verres à boire. Il y avoit un homme qui cassoit les verres par son cri. Quand on lui présentoit un verre, il en examinoit d'abord le son, en le frappant; il crioit ensuite du même ton sur le verre, qui commençoit à s'ébranler; il augmentoit alors sa voix de toutes ses forces, toujours sur le même ton, & l'ébranlement du verre devenoit enfin si fort, qu'il se brisoit en petits morceaux. Il est donc très certain & bien confirmé par l'expérience, qu'une corde & tout autre corps sonore est mis en agitation par le seul bruit d'un son consonant; le même phénomène doit donc avoir lieu dans les corps

opaques, qui pourront être mis en agitation par la seule illumination ; c'est la question que je m'étois proposé de résoudre ; j'en donnerai l'explication plus détaillée dans ma première lettre.

le 8 Juillet 1760.

## LET TRE XXVII.

**A**PRÈS ce que je viens d'exposer, *V. A.* ne fera plus surprise qu'un corps puisse recevoir, par la seule illumination, une agitation dans ses plus petites particules, semblable à celle dont les particules des corps lumineux sont agitées, & qui leur donne la propriété de produire des rayons qui les rendent visibles ; ainsi ce grand obstacle, qui paroissoit s'opposer à mon explication de la visibilité des corps opaques, est heureusement levé, pendant que l'autre explication, fondée sur la réflexion des rayons, rencontre d'autant plus de difficultés qu'on veut en faire l'application aux phénomènes connus. C'est donc une vérité bien constatée, que de tous les corps que nous voyons, les moindres particules, dans leur surface, se trouvent dans une certaine agitation, ou mouvement de vibration, semblable à celui d'une corde pincée, mais incomparablement plus vif & plus rapide ; soit que

cette agitation soit l'effet d'une force intrinsèque, comme dans les corps lumineux par eux-mêmes, soit qu'elle soit produite par des rayons de lumière qui tombent sur les corps, c. à d. par l'illumination, comme il arrive dans les corps opaques. Il est donc faux que la lune, étant un corps opaque, réfléchisse les rayons du soleil, & que ce soit par cette lumière réfléchie que nous la voyons, comme on le croit communément; mais les rayons du soleil, qui tombent sur la surface de la lune, excitent ses particules à un ébranlement semblable, d'où résultent les rayons de la lune, qui entrant dans nos yeux y peignent son image; & c'est le cas des planètes & de tous les corps opaques. Cette agitation des moindres particules des corps opaques, lorsqu'ils sont éclairés, ne dure pas plus long-tems que l'illumination qui en est la cause; & sitôt qu'un corps opaque n'est plus éclairé nous ne le voyons plus. Mais ne pourroit-il pas arriver que cette agitation, une fois imprimée aux moindres particules d'un corps opaque, se conserve encore pendant quelque tems, comme nous voyons qu'une corde une fois pincée, continue souvent à trembler pendant long-tems? Je ne saurois nier que ce cas ne soit possible, & je crois même qu'il existe dans ces matières, que Mr. Margraff a présentées à V. A., qui une fois éclairées, conservent encore quelque tems leur lumière quand on les transporte dans une chambre

obscure. Cependant c'est un cas très-extraordinaire, l'ébranlement des moindres particules s'évanouît dans tous les autres corps avec l'illumination qui l'a causé. Mais cette explication, qui jusqu'ici se soutient parfaitement, me conduit à des recherches plus importantes encore. Il n'est pas douteux qu'il se trouve une différence infinie entre les plus petites particules des corps opaques, selon la variété des corps mêmes : quelques-uns seront plus susceptibles du mouvement de vibration, & d'autres moins, qui même n'en sauroient recevoir aucun. Cette différence ne se rencontre que trop évidemment dans les corps. Tel dont les particules reçoivent facilement l'impression des rayons qui y tombent, nous paroît brillant, tel autre parcontre, où les rayons ne causent presque point d'agitation, doit nous paroître obscur & ténébreux. Parmi plusieurs corps également éclairés, *V. A.* remarquera toujours une grande différence, les uns étant plus clairs & plus brillans que les autres. Mais il doit y avoir une autre différence encore, bien remarquable parmi les moindres particules des corps opaques, à l'égard du nombre des vibrations que chacune, étant agitée, rendra dans un certain tems. J'ai déjà remarqué que ce nombre doit toujours être fort grand, & que la subtilité de l'éther en demande plusieurs milliers dans une seconde. Mais il peut y avoir une différence infinie, si quelques particules employent, par

exemple, 10000 vibrations dans une seconde, & d'autres 11000, 12000, 13000, &c. selon la petitesse, la tension & l'élasticité de chacune, comme il arrive dans les cordes de musique, où le nombre de vibrations rendues dans une seconde peut varier à l'infini; & c'est de là que j'ai déduit la différence des sons graves & aigus, ou des sons bas & hauts. Comme cette différence est essentielle dans les sons, & que l'ouïe en est affectée d'une manière si particulière, que c'est sur cette différence qu'est fondée toute l'harmonie de la musique, on ne fauroit douter, qu'une différence pareille dans la fréquence des vibrations des rayons de lumière, ne produise un effet tout particulier & une différence très-essentielle dans la vision. Si, par exemple, une particule fait 10000 vibrations dans une seconde, & produit des rayons de la même espèce, les rayons qui entrent dans l'œil, y frapperont le fonds ou les nerfs qui s'y trouvent, 10000 fois dans une seconde; & cet effet, ainsi que la sensation, doivent être tout-à-fait différents de ceux que produiroit une autre particule, qui feroit plus ou moins de vibrations dans une seconde. Il y aura dans la vision une différence semblable à celle que sent l'ouïe en écoutant des sons graves ou aigus. *V. A.* fera bien curieuse d'apprendre, à quoi se réduit cette différence dans la vision, & si nous distinguons en effet les objets dont les particules sont mises en mouvement de vibration

plus ou moins de fois dans une seconde ? J'ai l'honneur de dire à *V. A.* sur ce sujet, que c'est la diversité des couleurs qui est causée par cette différence ; & que, par rapport à la vue, les couleurs font le même effet que les sons hauts ou bas, par rapport à l'ouïe. Voilà donc une grande question, dont la résolution s'est offerte d'elle-même, sans l'avoir cherchée. C'est celle sur la nature des couleurs, qui a tourmenté de tout tems les philosophes. Quelques-uns ont dit que c'est une certaine modification de la lumière qui nous est absolument inconnue. Descartes prétend que les couleurs ne sont qu'un certain mélange de la lumière & de l'ombre ; & Newton en cherche la raison dans les rayons du soleil, qui selon lui sont des émanations réelles, & il croit que leur matière pourroit être plus ou moins subtile ; d'où il établit des rayons de toutes couleurs, rouge, jaune, verd, bleu & violet. Mais ce système, tombant de lui-même, tout ce qu'on a dit jusqu'à présent sur les couleurs revient à ceci, que nous n'en savons rien du tout. Mais *V. A.* doit comprendre très-clairement, que la nature de chaque couleur consiste dans le nombre de vibrations, dont les particules, qui nous présentent cette couleur, sont agitées dans un certain tems.

*le 12 Juillet 1760.*

## L E T T R E XXVIII.

L'IGNORANCE de la véritable nature des couleurs a élevé de tout tems de grandes disputes parmi les philosophes ; chacun s'est efforcé de briller par quelque sentiment particulier sur ce sujet. Le système, que les couleurs résident dans les corps mêmes, leur parût trop commun, & peu digne d'un philosophe, qui doit toujours s'élever au-dessus du vulgaire. Puisque le payfan s'imagine que tel corps est rouge, l'autre bleu, & un autre verd, le philosophe ne sauroit se distinguer mieux qu'en soutenant le contraire ; il dit donc, que les couleurs n'ont rien de réel ; qu'il n'y a rien dans les corps qui s'y rapporte. Les Newtoniens mettent les couleurs uniquement dans les rayons qu'ils distinguent selon les couleurs, en rouges, jaunes, verds, bleus & violets ; & ils disent, qu'un corps nous paroît de telle ou telle couleur, lorsqu'il réfléchit des rayons de cette espèce. D'autres, auxquels ce sentiment paroît trop grossier, prétendent que les couleurs n'existent que dans l'imagination. C'est le meilleur moyen pour couvrir son ignorance, sans lequel le peuple pourroit croire, que le savant ne connoitroit pas mieux la nature des couleurs que lui. Mais à entendre parler les savans sur cet objet, on s'imagine qu'ils possèdent les plus profonds mystères, quoiqu'ils

n'en fachtent pas plus que le payfan , & peut-être moins encore. V. A. reconnoitra aisément, que ces subtilités apparentes ne sont que des chicanes. Chaque couleur simple , ( pour la distinguer des couleurs composées ) est attachée à un certain nombre de vibrations, qui s'achèvent dans un certain tems; de sorte que ce nombre de vibrations rendues dans une seconde, détermine la couleur rouge, un autre la couleur jaune, un autre la verte, un autre la bleue, & un autre la violette, qui sont les couleurs simples, que l'arc-en-ciel nous représente. Si donc les particules de la surface de quelques corps sont disposées de manière, qu'étant agitées elles rendent, dans une seconde, autant de vibrations qu'en exige, par exemple, la couleur rouge, je nomme ce corps rouge, comme les payfans, & je ne vois aucune raison de m'écarter de la manière reçue de parler. Et les rayons qui renferment autant de vibrations dans une seconde, pourront être nommés rouges avec le même droit; & enfin quand les nerfs du fonds de l'œil sont affectés par ces mêmes rayons, & qu'ils en sont presque frappés autant de fois dans une seconde, ils excitent la sensation de la couleur rouge. Ici tout est clair, & je ne vois aucune nécessité d'introduire des phrases obscures & mystérieuses, qui au fonds n'aboutissent à rien. Le parallèle entre le son & la lumière est si parfait, qu'il se soutient même dans les moindres circonstances. Quand j'alléguai le phénomène d'une



d'une corde tendue , qui peut être agitée par le seul bruit de quelques sons , V. A. se souviendra , que le même son que la corde rendroit étant touchée , est le plus efficace à ébranler cette corde , & que d'autres sons n'y produisent d'effet , qu'autant qu'ils font avec elle une belle consonance. Il en est exactement de même de la lumière & des couleurs ; puisque les différentes couleurs répondent aux différens sons de la musique. Pour faire voir ce bel & merveilleux phénomène , qui confirme le plus fortement mon système , on prépare une chambre obscure ; on y fait un petit trou dans un volet , devant lequel on place à quelque distance , un corps d'une certaine couleur , tel qu'un morceau de drap rouge , enforte que , lorsqu'il est bien éclairé , ses rayons entrent par le trou dans la chambre obscure. Ce seront donc des rayons rouges , qui entrent dans la chambre , l'entrée de toute autre lumière étant défendue ; & lorsqu'on tient dans la chambre , vis-à-vis du trou , un morceau de drap de la même couleur , il sera parfaitement éclairé , & sa couleur rouge paroîtra fort brillante ; mais si on y substitue un morceau de drap verd , il demeurera obscur , & on ne verra presque rien de sa couleur. Si l'on met hors de la chambre , devant le trou , un morceau de drap verd & bien éclairé , celui de la chambre en sera parfaitement éclairé , & sa couleur verte paroîtra fort vive. Il en est de même de toutes les autres couleurs ; & je crois qu'on ne sauroit préten-

dre une preuve plus éclatante de mon système. Nous apprenons de-là, que pour éclairer un corps d'une certaine couleur, il faut que les rayons qui y tombent, ayent la même couleur, ceux d'une couleur différente n'étant pas capables d'agiter les particules de ce corps. Cela se prouve encore par une expérience fort connue. Lorsqu'on allume de l'esprit de vin dans une chambre, V. A. fait que la flamme de l'esprit de vin est bleue, qu'elle ne produit que des rayons bleus, & que toutes les personnes qui se trouvent dans cette chambre paroissent fort pâles, & leurs visages comme ceux des mourans, quelque fardés ou teints de rouge qu'ils puissent être. La raison en est évidente, les rayons bleus n'étant pas capables d'exciter ou d'ébranler la couleur rouge dans le visage, ce n'est qu'une couleur bleuâtre & fort foible qu'on y voit; mais que quelqu'un ait un habit bleu, l'habit paroitra tout-à-fait brillant. Or les rayons du soleil, ceux d'une bougie ou d'une chandelle ordinaire, éclairent tous les corps à-peu-près également; d'où l'on conclut que les rayons du soleil renferment toutes les couleurs à la fois, quoiqu'il paroisse jaunâtre. En effet, lorsqu'on laisse entrer dans une chambre obscure des rayons de toutes couleurs simples, des rouges, jaunes, verts, bleus & violets, en égale quantité à-peu-près, & qu'on les rassemble, ils représentent une couleur blanchâtre. On fait la même expérience avec plu-

fieurs poudres des couleurs mentionnées, & en les mêlant bien ensemble, il en résulte une couleur blanchâtre. On en conclut, que la couleur blanche n'est rien moins que simple, mais plutôt un mélange de toutes les couleurs simples; aussi voyons-nous que le blanc est propre à recevoir toutes les couleurs. Quant au noir, ce n'est pas proprement une couleur. Tout corps est noir quand ses particules sont si lourdes qu'elles ne sauroient recevoir aucun mouvement de vibration, ou qu'il ne produit pas des rayons. Ainsi le défaut de rayons produit cette couleur; & plus il se trouve de ces particules qui ne sont susceptibles d'aucun mouvement de vibration sur la surface d'un corps, plus il paroît obscur & noirâtre.

*le 15 de Juillet 1760.*

---

## LE T T R E XXIX.

J'AI déjà remarqué, qu'il y a des corps, qui transmettent les rayons de la lumière, qu'on nomme transparens, pellucides & diaphanes, comme le verre, l'eau & sur-tout l'air. C'est cependant l'éther, qui est le milieu le plus naturel, dans lequel se forment les rayons de lumière; & les autres matières transparentes n'ont cette qualité qu'à cause de l'éther qu'elles contiennent, & avec lequel elles sont telle-

ment entremêlées, que les agitations, qui y sont excitées par la lumière, peuvent se communiquer plus loin sans être arrêtées. Mais cette transmission ne se fait jamais si librement que dans l'éther pur, & il s'en perd toujours quelque chose; & d'autant plus que le corps transparent est plus épais. L'épaisseur peut même devenir si considérable, que toute la lumière s'y perd, alors le corps n'est plus transparent. Ainsi, quoique le verre soit un corps transparent, un grand morceau de verre de quelques pieds d'épaisseur ne l'est plus, & l'on ne sauroit voir à travers. De même, quelque pure que soit l'eau d'une rivière, on ne sauroit voir le fonds dans l'endroit où elle est très-profonde, quoiqu'on le voye très-bien où elle ne l'est pas trop. La transparence n'est donc qu'une propriété des corps, relative à leur épaisseur, & quand on attribue cette propriété au verre, à l'eau, &c. il faut toujours l'entendre avec restriction, que ces corps ne sont pas trop épais; & pour chaque espèce il est une certaine mesure d'épaisseur, hors de laquelle le corps n'est plus transparent. Il n'y a, par contre, point de corps opaque, opposé au transparent, qui ne le devienne lui-même si on le réduit à une lame extrêmement mince. Ainsi quoique l'or ne soit pas transparent, les feuilles d'or sont pourtant transparentes; & en regardant les plus petites particules de tous les corps par un microscope, on les trouve transparentes. On pourroit donc dire, que tous les

corps sont transparens , lorsqu'on les fait assez minces , & qu'aucun corps n'est transparent , lorsqu'il est trop épais. Or selon la manière de parler, on nomme transparens, les corps qui conservent cette qualité jusqu'à un certain degré d'épaisseur , quoiqu'ils la perdent lorsqu'ils l'excèdent. Mais pour ce qui regarde l'éther, il est de sa nature absolument & parfaitement transparent, & son étendue ne diminue rien du tout à sa transparence. La distance prodigieuse des étoiles fixes, dont V. A. se rappelle bien, n'empêche pas que leurs rayons ne soient transmis jusqu'à nous ; mais quoique notre air paroisse d'une transparence parfaite , s'il s'étendoit jusqu'à la lune, il la perdrait entièrement, sans qu'aucun rayon du soleil & des autres corps célestes put pénétrer jusqu'à nous. Nous serions alors dans le cas des ténèbres égyptiennes. La raison en est évidente, & nous remarquons la même chose dans le son, dont la ressemblance à la lumière se confirme à tous égards. L'air est le milieu naturel, au travers duquel le son est transmis, mais les agitations excitées dans l'air sont capables d'ébranler aussi les particules de tous les corps ; & celles-ci mettant en mouvement les intérieures, transmettent enfin les agitations à travers tous les corps, à moins qu'ils ne soient trop épais. Il y a donc des corps qui sont, relativement au son, ce que sont les corps transparens relativement à la lumière ; & tous les corps ont cette propriété par rapport au son, pourvu qu'ils ne

soient pas trop épais. V. A. étant dans sa chambre, entend presque tout ce qui se passe dans l'antichambre, quoique les portes soient bien fermées, parceque l'agitation de l'air dans l'antichambre se communique aux murailles, & pénètre par elles dans la chambre même, quoiqu'avec quelque perte. Si l'on abattoit les murailles V. A. entendroit sans-doute plus distinctement. Or plus les murailles sont épaisses, plus le son perd de sa force en les traversant, & les murailles peuvent être si épaisses, qu'on n'entendrait rien de ce qui se passe dehors, à moins que ce ne fut un bruit terrible, comme un coup de canon. Cela me conduit à une nouvelle remarque; que des sons très-forts peuvent bien passer par des murailles qui sont impénétrables à des sons plus foibles; & par conséquent, pour juger si une muraille est capable de transmettre les sons, il ne suffit pas d'avoir égard à l'épaisseur de la muraille, il faut aussi tenir compte de la force du son. Si le son est très-foible, une muraille fort mince est capable de l'arrêter, quoiqu'elle put transmettre un son plus fort. Il en est de même des corps transparens, qui peuvent accorder le passage à la lumière très-forte, sans qu'on puisse voir au travers des objets peu brillans. Quand on noircit un verre avec de la fumée, on ne voit plus à travers des objets peu brillans; mais bien le soleil, fort distinctement. C'est le moyen, dont se servent les astronomes pour l'observer; il éblouiroit sans cela les yeux. Et

quand on se trouve dans une chambre obscure, dont le volet est troué du côté du soleil, on a beau couvrir ce trou de la main, la lumière du soleil la traverse. Cependant on apperçoit que la lumière du soleil perd beaucoup de son éclat, en passant par un tel corps qui, relativement à d'autres objets, n'est pas même transparent. Mais une lumière très-forte peut perdre beaucoup de son éclat avant qu'elle soit entièrement éteinte, pendant qu'une lumière plus foible se perd d'abord, un morceau de verre fort épais ne sera donc point transparent à l'égard des objets peu brillans, mais on pourra voir le soleil à travers. Ces remarques sur les corps transparens me conduisent à la théorie de la réfraction, dont V. A. aura déjà entendu parler bien souvent, & que je tâcherai de mettre dans tout son jour.

*le 28 Juillet 1760.*

### LE T T R E   X X X.

**T**ANT que la lumière avance par le même milieu, qui soit l'éther, l'air, ou quelque'autre corps transparent, la propagation se fait par des lignes droites, qu'on nomme rayons, puisqu'ils partent du point lumineux en tout sens, comme les rayons d'un cercle ou d'un globe partent du centre. Dans le système de l'émana-

tion, les particules lancées du corps lumineux se meuvent en lignes droites; il en est de même dans le véritable système que j'ai eu l'honneur de proposer à V. A., où les agitations se communiquent par des lignes droites, comme le son d'une cloche nous est transmis par une ligne droite, par laquelle nous jugeons aussi de quel côté vient le son; les rayons dans l'un & l'autre système, nous sont donc représentés par des lignes droites, tant qu'ils passent par le même centre transparent; mais ils peuvent souffrir quelque inflexion, quand ils passent d'un milieu transparent dans un autre, & cette inflexion est ce qu'on nomme la réfraction des rayons de la lumière, dont la connoissance est de la dernière importance dans une infinité de phénomènes. Je vais donc expliquer à V. A. *Tab. I. fig. 8.* les loix conformément auxquelles la réfraction se fait.

C'est une loi constante que, lorsqu'un rayon comme *EC*, tombe perpendiculairement sur la surface *AB* d'un autre milieu, il continue sa route suivant la même ligne droite prolongée comme *CF*. Il ne souffrira pour lors aucune inflexion ou réfraction. Si donc *EC* est un rayon du soleil qui tombe perpendiculairement sur la surface *AB* de l'eau ou du verre: il y entrera selon la même direction & continuera sa route selon la ligne *CF*, aussi perpendiculaire à la surface *AB*, desorte que *EF* soit une même ligne droite. C'est le seul cas où il n'y a point de réfraction; mais toutes les



fois que le rayon ne tombe pas perpendiculairement sur la surface d'un autre corps transparent, il n'y continue pas sa route suivant la même ligne droite; il s'en écartera plus ou moins *Tab. I. fig. 9.* & souffrira une réfraction.

Soit *PC* un rayon qui tombe obliquement sur la surface *AB* d'un autre milieu transparent: en entrant dans ce milieu, il ne continuera pas sa route suivant la ligne droite *CQ*, qui est la continuation de la ligne droite *PC*; mais il s'en écartera, selon la ligne droite *CR*, ou *CS*. Il souffrira donc en *C* une inflexion qu'on nomme *réfraction*, qui dépend en partie de la diversité des deux milieux, & en partie de l'obliquité, sous laquelle le rayon *PC* entre. Pour expliquer les loix de cette inflexion, il faut connoître quelques termes dont se servent les auteurs. 1°. La surface *AB*, qui distingue les deux milieux, celui d'où le rayon vient, & celui où il entre, est nommée *surface réfringente*. 2°. Le rayon *PC*, qui y tombe, s'appelle *rayon incident*; & 3°. le rayon *CR* ou *CS*, qui tient dans l'autre milieu une route différente de *CQ*, se nomme *rayon rompu*. Et, ayant tiré sur la surface *AB* la ligne perpendiculaire *ECF*, on nomme 4°. *angle d'incidence*, celui *PCE*, que fait le rayon incident *PC* avec la ligne perpendiculaire *EC*; & 5°. *angle de réfraction* celui *RCF* ou *SCF* que fait le rayon rompu *CR* ou *CS* avec la perpendiculaire *CF*. Donc, à cause de la réfraction, l'angle de réfraction n'est pas égal à l'angle d'in-

cidence  $PCE$  : car prolongeant la ligne  $PC$  en  $Q$ , les angles  $PCE$  &  $FCQ$  sont opposés par la pointe, & par conséquent égaux entr'eux, comme  $V. A.$  s'en souviendra encore parfaitement. C'est donc l'angle  $QCF$  qui est égal à l'angle d'incidence  $PCE$ , ainsi l'angle de réfraction  $RCF$  ou  $SCF$  est plus petit ou plus grand. Il n'y a donc que deux cas qui peuvent avoir lieu, l'un, où le rayon rompu étant  $CR$ , l'angle de réfraction  $RCF$  est plus petit que l'angle d'incidence  $PCE$ ; & l'autre, où le rayon rompu étant  $CS$ , l'angle de réfraction  $SCF$  est plus grand que l'angle d'incidence  $PCE$ . Dans le premier cas, on dit que le rayon  $CR$  s'approche de la perpendiculaire  $CF$ ; & dans l'autre, que le rayon rompu  $CS$  s'écarte ou s'éloigne de la perpendiculaire. Il faut donc voir, lorsque l'un ou l'autre cas a lieu, ce qui dépend de la diversité des deux milieux, selon que l'un ou l'autre est plus dense ou plus rare, ou selon que les rayons passent plus ou moins difficilement au travers de chacun d'eux. Pour cet effet, il faut remarquer que l'éther est le milieu le plus rare par lequel les rayons passent sans aucune difficulté. Ensuite les autres milieux transparens les plus communs tiennent cet ordre : l'air, l'eau & le verre; en sorte que le verre est un milieu plus dense que l'eau, l'eau que l'air, & l'air que l'éther. Cela posé, on n'a qu'à observer ces deux règles générales : 1°. Quand les rayons passent d'un milieu moins dense dans un autre plus dense, le rayon rom-

pu s'approche plus de la perpendiculaire ; c'est le cas où le rayon incident étant  $PC$ , le rayon rompu est  $CR$ . 2°. Lorsque les rayons passent d'un milieu plus dense dans un autre moins dense, le rayon rompu s'éloigne de la perpendiculaire ; c'est le cas où le rayon incident étant  $PC$ , le rayon rompu est  $CS$ . Or cette inflexion est d'autant plus grande, que les deux milieux sont différens par rapport à leur densité. Ainsi les rayons, en passant de l'air dans le verre, souffrent une plus grande réfraction, que lorsqu'ils passent de l'air dans l'eau ; cependant, dans l'un & l'autre cas, les rayons rompus s'approchent de la perpendiculaire. Pareillement, les rayons passant du verre dans l'air, souffrent une plus grande réfraction, que lorsqu'ils passent de l'eau dans l'air ; mais dans ces cas le rayon rompu s'écarte de la perpendiculaire. Enfin il faut aussi remarquer, que la différence entre l'angle d'incidence & l'angle de réfraction est d'autant plus grande, que l'angle d'incidence est grand, ou que, plus le rayon incident s'écarte de la perpendiculaire, plus l'inflexion du rayon, ou la réfraction, sera grande. Il y règne un certain rapport qu'on détermine par la géométrie ; mais il n'est pas nécessaire d'entrer dans ce détail. Ce que je viens de dire suffit pour l'intelligence de ce que j'aurai l'honneur de proposer à V. A.

*le 22 de Juillet 1760.*

## L E T T R E   X X X I.

V. A. a vu, que quand un rayon de lumière passe obliquement d'un milieu transparent dans un autre, il souffre une inflexion qu'on nomme réfraction, & que la réfraction dépend tant de l'obliquité d'incidence, que de la diversité des milieux, comme j'ai eu l'honneur de l'expliquer assez amplement. A-présent je dois faire remarquer à V. A. que la diversité des couleurs cause aussi une petite variété dans la réfraction; ce qui provient sans-doute de ce que les rayons des diverses couleurs renferment des nombres différens de vibrations rendues en même tems, & qu'ils diffèrent entr'eux de la même manière que les sons plus ou moins hauts. Ainsi on observe que les rayons rouges souffrent la moindre inflexion ou réfraction; après eux suivent dans l'ordre, les rayons oranges, les jaunes, les verts, les bleus & les violets; desorte que les rayons violets souffrent la plus grande réfraction, bien entendu lorsque l'obliquité d'incidence est la même, & les milieux aussi. De-là, on dit que les rayons des diverses couleurs sont assujettis à une diverse réfrangibilité, que les rouges sont les moins réfrangibles, & les violets le plus.

Donc si *Tab. I. fig. 10.* *PC* est un rayon qui passe, par exemple, de l'air dans le verre, l'angle d'incidence étant *PCE*, le rayon rompu

s'approchera de la perpendiculaire  $CF$ ; & si le rayon étoit rouge, le rompu feroit *C-rouge*; s'il étoit orange, le rompu feroit *C-orange*, & ainsi des autres, comme on voit dans la figure. Tous ces rayons s'écartent de la ligne  $CQ$ , qui est la continuation de  $PC$ , vers la perpendiculaire  $CF$ ; mais le rayon rouge s'écarte le moins de  $CQ$ , ou souffre la moindre inflexion; & le violet s'écarte le plus de  $CQ$ , & souffre la plus grande inflexion. Or si  $PC$  est un rayon du soleil, il produit à la fois tous les rayons colorés, indiqués dans la figure; & si l'on y tient un papier blanc, on y voit en effet toutes ces couleurs, d'où l'on dit que chaque rayon du soleil renferme à la fois toutes les couleurs simples. La même chose arrive si  $PC$  est un rayon blanc, ou qu'il vienne d'un corps blanc. On en voit naître, par la réfraction, toutes les couleurs: d'où l'on conclut que la couleur blanche est un mélange de toutes les couleurs simples, comme j'ai déjà eu l'honneur de dire à V. A. En effet on n'a qu'à réunir tous ces rayons colorés dans un seul point, & on verra renaître la couleur blanche. C'est de là que nous apprenons, quelles sont les couleurs véritablement simples. La réfraction nous les découvre incontestablement. Selon l'ordre de la réfraction, ce sont 1<sup>o</sup>. la couleur rouge, 2<sup>o</sup>. l'orange, 3<sup>o</sup>. la jaune, 4<sup>o</sup>. la verte, 5<sup>o</sup>. la bleue, 6<sup>o</sup>. la violette. Mais il ne faut pas penser, qu'il n'y en ait que six; car puisque la nature de chacune con-

fiste dans un certain nombre qui exprime celui des vibrations rendues dans un certain tems; il est clair que les nombres moyens donnent également des couleurs simples. Mais il nous manque des noms propres pour désigner ces couleurs, car entre le jaune & le verd, on voit effectivement des couleurs moyennes, que nous ne saurions nommer à part. C'est sur ce même principe que sont fondées les couleurs que nous voyons dans l'arc-en-ciel. La raison en est, que les rayons du soleil, en passant par des gouttes d'eau qui traversent l'air, y sont réfléchis & réfractés, & la réfraction les décompose dans les couleurs simples. V. A. aura sans-doute déjà remarqué que ces couleurs se suivent dans le même ordre dans l'arc-en-ciel, le rouge, l'orange, le jaune, le verd, le bleu & le violet; mais nous y découvrirons aussi toutes les couleurs intermédiaires, comme des nuances d'une couleur à l'autre, & si nous avions plus de noms pour distinguer ces degrés, nous pourrions nommer plus de couleurs diverses, d'une extrémité à l'autre. Une autre nation plus riche en mots y compte peut-être actuellement plus de couleurs diverses que nous; peut-être aussi qu'une autre en compte moins, si, par exemple, elle n'a point de terme pour exprimer l'orange. Quelques-uns y ajoutent le pourpre, qu'on découvre à l'extrémité du rouge, & que d'autres comprennent sous le même nom de rouge.

C.	D.	E.	F.	G.	A.	B.
pourpre.	rouge.	orange.	jaune.	verd.	bleu.	violet.

On peut comparer ces couleurs avec le son d'une octave, comme je viens de représenter ici, puisque les couleurs, aussi bien que les sons, peuvent s'exprimer en nombres. Il semble même que haussant davantage le violet, on revient à un nouveau pourpre, tout comme en montant dans les sons on parvient au-delà de B. au son c, qui est une octave au-dessus de C. Et comme dans la musique on donne à ce ton le même nom, à cause de leur ressemblance, il en est de même dans les couleurs, qui, après avoir monté par l'intervalle d'une octave, recouvrent les mêmes noms: ou bien deux couleurs, comme deux tons, dont le nombre de vibrations de l'une est précisément le double de l'autre, passent pour la même couleur, & ont le même nom. C'est sur ce principe que le père Castel, en France, a voulu imaginer une espèce de musique de couleurs. Il a fait un clavecin dont chaque touche, étant touchée, représente un morceau teint d'une certaine couleur, & il prétend que ce clavecin, étant bien joué, pourroit représenter un spectacle très-agréable aux yeux. Il le nomme clavecin oculaire, & V. A. en aura bien entendu parler. Moi je pense que c'est plutôt la peinture, qui est, par rapport aux yeux, ce qu'est

la musique par rapport aux oreilles; & je doute fort que la représentation de plusieurs morceaux de draps teints de diverses couleurs, puisse être bien agréable.

*le 27 de Juillet 1760.*

### LE T T R E   X X X I I .

V. A. vient de voir, que la cause de la visibilité des objets est un mouvement de vibration extrêmement rapide, dont les moindres particules sont agitées dans leurs surfaces, & que la fréquence de ces vibrations en détermine la couleur. Il en est de même, soit que ces particules soient agitées par une force intrinsèque, comme dans les corps lumineux, ou qu'elles reçoivent leur agitation d'une illumination, ou d'autres rayons, dont elles sont éclairées, comme dans les corps opaques. Or la fréquence ou la rapidité des vibrations dépend de la grosseur de ces particules & de leur ressort, comme la rapidité des vibrations d'une corde dépend de sa grosseur & de sa tension; ainsi, tant que les particules d'un corps conservent le même ressort, elles représenteront la même couleur, comme les feuilles d'une plante conservent une couleur verte, tant qu'elles sont fraîches, mais dès qu'elles commencent à se sécher, le changement du ressort, qui en est cause,



cause, produit aussi une couleur différente. J'ai déjà eu l'honneur d'entretenir V. A. là-dessus, & je vais lui expliquer le phénomène universel, pourquoi le ciel nous paroît bleu de jour ? En considérant ce phénomène grossièrement, il nous paroît qu'il y ait là-haut une voute prodigieuse teinte de couleur bleue, comme les peintres représentent le ciel sur un plat-fond. Je n'ai pas besoin de désabuser V. A. sur ce préjugé, un peu de réflexion suffit, pour comprendre que le ciel n'est point une voute bleue, à laquelle les étoiles soient affichées comme des clous lumineux. V. A. est plutôt convaincue, que les étoiles sont des corps immenses, qui sont à des distances très-éloignées de nous, & qui se meuvent librement dans un espace presque vuide, ou qui n'est rempli que de cette matière subtile, qu'on nomme l'éther. Et je démontrerai à V. A. que la cause de ce bleu du ciel doit être cherchée dans notre atmosphère, en tant qu'elle n'est pas parfaitement transparente. S'il étoit possible de s'élever toujours plus haut, au-dessus de la surface de la terre, l'air deviendrait d'abord de plus en plus rare, ensuite il ne seroit plus propre à entretenir notre respiration, & se perdrait enfin tout-à-fait, alors on se trouveroit dans l'éther pur. Aussi le mercure, dans le baromètre, en montant sur de hautes montagnes, descend-il de plus en plus, l'atmosphère devenant plus légère; on remarque alors aussi, que cette couleur bleue brillante du ciel devient

plus foible ; & si l'on pouvoit monter jusques dans l'éther pur , elle s'évanouïroit tout-à-fait ; en regardant en haut on n'y verroit rien du tout , & le ciel paroïtroit noir , comme de nuit. Car , où nul rayon de lumière ne parvient jusqu'à nous , tout nous paroît noir. On a donc bien raison de demander pourquoi le ciel nous paroît bleu ? Ce phénomène ne pourroit pas avoir lieu , si l'air étoit au milieu parfaitement transparent comme l'éther , nous ne recevriens alors d'en-haut d'autres rayons que ceux des étoiles , mais la clarté du jour est si grande , que la petite lumière des étoiles nous devient insensible ; comme V. A. ne verroit pas la flamme d'une bougie pendant le jour , lorsqu'elle est assez éloignée , pendant que la même flamme paroît de nuit fort brillante à des distances beaucoup plus grandes encore. Ce qui prouve clairement , qu'il faut chercher la cause du bleu du ciel dans le défaut de la transparence de l'air. L'air est chargé de quantité de petites particules , qui ne sont pas tout-à-fait transparentes , mais qui , éclairées par les rayons du soleil , en reçoivent un mouvement de vibration , qui produit de nouveaux rayons propres à ces particules ; ou bien ces particules sont opaques , & étant éclairées nous deviennent visibles elles-mêmes. Or la couleur de ces particules est bleue , & voilà l'explication du phénomène ; c'est que l'air contient quantité de petites particules bleues ; ou l'on peut dire , que les plus petites particules sont bleuâtres ,

mais d'un bleu extrêmement délié, qui ne devient sensible que dans une masse d'air énorme. Ainsi nous n'apercevons rien de ce bleu dans une chambre; mais quand tous les rayons bleuâtres de toute l'atmosphère pénètrent à la fois dans nos yeux, quelque déliée que soit la couleur de chacun, leur totalité peut produire une couleur très-foncée. Cela se confirme par un autre phénomène, qui ne sera pas inconnu à V. A. En regardant de près une forêt elle paroît bien verte, mais quand on s'en éloigne, elle paroîtra toujours plus bleuâtre. Les forêts des montagnes du Hartz, qu'on voit à Magdebourg, paroissent assez bleues, quoiqu'en les regardant de Halberstadt, elles soient vertes: la grande étendue de l'air entre Magdebourg & ces montagnes en est la raison. Quelque déliées ou rares que soient les particules bleuâtres de l'air, il y en a une très-grande quantité dans cet intervalle, dont les rayons entrent conjointement dans les yeux, & y représentent par conséquent une couleur bleue, assez foncée. Nous remarquons un phénomène semblable dans un brouillard, où l'air est chargé de quantité de particules opaques, qui sont blanchâtres. En ne regardant qu'à une petite distance, à peine s'apperçoit-on du brouillard; mais lorsque la distance est grande, la couleur blanchâtre devient très-sensible, & même au point qu'on ne voit plus rien à travers. L'eau de la mer paroît verte à une certaine profondeur, mais elle est assez claire quand on rem-

plit un verre. La raison est visiblement la même. Cette eau est chargée de quantité de particules verdâtres, dont une petite quantité ne produit aucun effet sensible ; mais dans une grande étendue, quand on regarde dans la profondeur, tant de rayons verdâtres joints ensemble produisent une couleur foncée.

le 27 de Juillet 1760.

### LETTRE XXIII.

TANT que les rayons, causés par la vibration rapide des moindres particules d'un corps, se meuvent dans le même milieu transparent, ils conservent la même direction, ou se répandent en tout sens selon des lignes droites. On se représente ces rayons comme ceux d'un cercle, ou plutôt d'une sphère, qui, partant d'un centre, s'étendent vers la circonférence ; & c'est à cause de cette ressemblance, qu'on se sert du même nom de rayon, quoiqu'à proprement parler, la lumière ne consiste pas en des lignes, mais en des vibrations très-rapides, qui se continuent selon des lignes droites : & , par cette raison, on peut envisager la lumière comme des lignes droites, sortant du point lumineux en tout sens.

Soit *C Tab. I. fig. II.* un point lumineux, qui répand sa lumière en tout sens. Que *V. A.*

se représente deux sphères décrites autour du centre  $C$ , & la lumière, qui se répand par la surface de la petite sphère  $abde$ , sera aussi répandue par la surface de la grande sphère  $ABDE$ . Il faut donc que la lumière, sur la grande sphère  $ABDE$ , soit plus déliée & plus foible que sur la petite  $abde$ , d'où l'on comprend que l'effet de la lumière doit être d'autant plus petit qu'on est plus éloigné du point lumineux. Si nous supposons que le rayon de la grande sphère est le double de celui de la petite, la surface de la grande sphère sera deux fois deux, ou quatre fois plus grande. Donc, puisque c'est la même quantité de lumière qui est répandue par la surface de la grande sphère & par celle de la petite, il s'enfuit que la lumière, à une distance double, est quatre fois plus foible; à une distance triple, 9 fois; à une distance quadruple, 16 fois & ainsi de suite; or 9 est 3 fois 3, & 15 est 4 fois 4: donc à une distance 10 fois plus grande, la lumière est 10 fois 10, c'est-à-dire, 100 fois plus foible. Si nous appliquons cela à la lumière du soleil, nous apprenons, que si la terre étoit deux fois plus éloignée du soleil, la lumière ou la clarté du soleil deviendroit quatre fois plus foible; & si le soleil étoit 100 fois plus éloigné de nous, sa clarté seroit 100 fois 100, c'est-à-dire, 10000 fois plus petite. Si nous supposons donc, qu'une étoile fixe soit aussi grande & aussi lumineuse que le soleil, mais qu'elle soit 400,000 fois plus éloi-

gnée de nous que le soleil , sa lumière fera 400,000 fois 400,000 ou bien 160,000,000,000 fois plus foible que celle du soleil : d'où l'on voit que la lumière d'une seule étoile fixe n'est rien par rapport à celle du soleil ; & c'est pourquoi nous ne voyons point les étoiles pendant le jour , une petite lumière s'évanouissant toujours auprès d'une autre incomparablement plus brillante. Il en est de même des chandelles & de tous les corps lumineux , qui nous fournissent d'autant moins de clarté , qu'ils sont plus éloignés de nous ; & V. A. aura déjà remarqué que , quelque forte que soit une lumière , sa clarté ne suffit plus pour lire dans un livre si l'on s'en éloigne beaucoup ; & il est encore une autre circonstance liée étroitement avec celle que je viens de rapporter , savoir , que le même objet nous paroît plus petit , quand il est plus éloigné de nous. Un géant , à une grande distance , ne paroît pas plus grand qu'un nain de près. Pour en mieux juger on a égard à des angles.

Ainsi supposons , *Tab. I. fig. 12.* que *AB* soit un objet , par exemple un homme , & qu'un œil le regarde du point *C*. On tire de ce point des lignes droites *AC* & *BC* , qui représentent les rayons extrêmes qui parviennent de l'objet dans l'œil , & l'on nomme l'angle formé en *C* , l'angle visuel de l'objet vu en *C*. Si l'on regardoit le même objet plus près en *D* , l'angle visuel *D* seroit sans doute plus grand : d'où l'on voit , que plus le même objet est éloigné ,

plus l'angle visuel est petit; & plus il nous approche, plus l'angle visuel devient grand. Les astronomes mesurent très-soigneusement les angles visuels, sous lesquels nous voyons les corps célestes, & ils trouvent que l'angle visuel du soleil surpasse tant soit peu la moitié d'un degré. Si le soleil étoit deux fois plus éloigné de nous, son angle visuel se réduiroit à la moitié; d'où il ne seroit pas surprenant qu'il nous fournit quatre fois moins de clarté. Et si le soleil étoit 400,000 fois plus éloigné de nous, son angle visuel deviendrait autant de fois plus petit, & ne paroitroit pas plus grand qu'une étoile. Il faut donc bien distinguer la grandeur vue d'un objet, de sa véritable grandeur: la grandeur vue ou apparente est toujours un angle plus ou moins grand, selon qu'il est plus ou moins proche de nous. Ainsi la grandeur du soleil apparente en vue est un angle d'environ un demi degré, pendant que sa véritable grandeur surpasse plusieurs fois la terre tout entière; car le soleil étant un globe, on estime son diamètre de 172000 milles d'Allemagne, pendant que le diamètre de la terre n'est que de 1720 milles.

*le 29 Juillet 1760.*

## L E T T R E   X X X I V .

C E que j'ai eu l'honneur de proposer à V. A. sur le phénomène de la vision, appartient à l'optique, qui est une partie des mathématiques & qui tient aussi un rang fort considérable dans la physique. Outre les couleurs, dont j'ai tâché d'expliquer la nature, on y traite la doctrine de l'angle visuel; & V. A. aura déjà remarqué, que le même objet peut être vu, tantôt sous un grand angle visuel, tantôt sous un petit, selon qu'il est proche, ou éloigné de nous. Je dis de plus, qu'un petit objet peut être vu sous le même angle qu'un grand, lorsque celui-là est fort près & celui-ci fort éloigné : on peut tenir une assiette de manière qu'elle nous couvre le soleil tout entier; vu qu'une assiette d'un demi-pied, à une distance de 54 pieds, nous couvre exactement le soleil & est vue sous le même angle visuel que le soleil; or quelle prodigieuse différence entre la grandeur d'une assiette & celle du soleil? La pleine lune nous paroît à-peu-près sous le même angle visuel que le soleil, & par conséquent à-peu-près aussi grande, quoique le soleil soit beaucoup plus grand que la lune; mais il faut considérer, que le soleil est près de 400 fois plus éloigné de nous que la lune.

L'angle visuel est un article d'autant plus important en optique, que les images, dont les



objets se peignent sur le fonds de l'œil, en dépendent. Plus l'angle visuel est grand ou petit, plus l'image peinte au fonds de l'œil est grande ou petite. Et comme nous ne voyons les objets hors de nous, qu'autant que leurs images sont peintes sur le fonds de l'œil, elles constituent l'objet immédiat de la vision ou de la sensation. Donc une image représentée sur le fonds de l'œil ne nous donne à connoître que trois choses : Premièrement sa figure & ses couleurs nous portent à juger, qu'il y a hors de nous un objet semblable, d'une telle figure & de telle couleur ; en second lieu, sa grandeur nous fait connoître l'angle visuel sous lequel l'objet nous paroît ; & enfin sa place sur le fonds de l'œil nous fait sentir en quelle direction l'objet se trouve hors de nous, à gauche ou à droite, en haut ou en bas, ou bien nous en connoissons la direction d'où les rayons viennent dans nos yeux. C'est dans ces trois choses que toute la vision est contenue, & nous ne sentons que 1°. la figure avec les couleurs, 2°. l'angle visuel ou la grandeur apparente, & 3°. la direction ou le lieu vers lequel nous jugeons que l'objet existe. Or la vision ne nous découvre rien ni sur la véritable grandeur des objets, ni sur leurs distances. Quoiqu'on s'imagine souvent de voir la grandeur & la distance de quelqu'objet, ce n'est pas un acte de la vision, mais du jugement ; les autres sens, & une longue habitude nous mettent en état de juger à quelle distance un objet se

trouve de nous. Mais cette faculté ne s'étend qu'aux objets qui nous sont assez proches. Dès qu'ils sont fort éloignés, notre jugement n'a plus lieu, & si nous voulons en hasarder un nous faisons pour l'ordinaire un grand écart. Ainsi personne ne peut dire qu'il voye la grandeur ou la distance de la lune, & quand le peuple s'imagine que la lune est égale à un fromage de Suisse, ce n'est pas la vision qui en est cause, mais un jugement fort trompeur; & par une suite de cette erreur il juge la distance de la lune moindre peut-être que d'ici à Charlottenbourg. Il est donc certain, que les yeux, ou la seule vision, ne décident rien sur la distance & la grandeur des objets. On allègue là-dessus l'exemple très-remarquable d'un homme né aveugle, auquel on a procuré la vue par une opération, lorsqu'il étoit dans un âge déjà avancé. Cet homme fut d'abord ébloui; il ne distingua rien sur la grandeur & la distance des objets, tous lui parurent si proches qu'il les vouloit toucher; il lui fallut bien du tems & un long exercice, avant qu'il parvînt au véritable usage de la vue; il lui fallut un long apprentissage, celui que nous faisons pendant la plus tendre enfance, & dont nous ne nous souvenons plus. Nous avons appris par cet exercice qu'un objet nous paroît distinct & plus clair lorsqu'il est plus près de nous, & nous jugeons de-là réciproquement, qu'un objet, qui nous paroît fort clair & fort distinct, est près de nous; & quand il nous paroît obs-

cur & peu distinct, nous le jugeons éloigné. C'est ainsi que les peintres savent nous faire apercevoir fort clairement & distinctement, sur les tableaux, les objets que nous devons juger proches, & obscurément, ceux que nous devons juger éloignés, quoique les uns & les autres soient à la même distance de nous. Aussi réussissent-ils si parfaitement que nous jugeons presque, que des objets que nous voyons sur un beau tableau, les uns sont beaucoup plus éloignés que les autres. Cette illusion ne pourroit pas avoir lieu, si c'étoit la vision qui nous découvrit la véritable distance & la grandeur des objets.

*le 1 d'Août 1760.*

---

## LETTRE XXXV.

V. A. vient de voir, que la vue seule ne nous découvre rien ni sur la véritable grandeur des objets, ni sur leur distance; & que tout ce que nous nous imaginons voir, tant de la grandeur, que de la distance de quelque objet, est l'effet de notre jugement, & non du sens de la vision. Il faut bien distinguer ce que les sens nous représentent, de ce que nous y ajoutons par notre jugement, en quoi nous nous trompons très-souvent. Plusieurs philosophes, qui ont harangué contre la jul-

tesse de nos sens, & voulu prouver par-là l'incertitude de toutes nos connoissances, (cette secte est nommée le Scepticisme ou le Pyrrhonisme) confondent les propres représentations de nos sens avec notre jugement. Ils disent : nous ne voyons pas le soleil plus grand qu'un bassin, quoiqu'il soit infiniment plus grand ; donc le sens de la vue nous trompe ; donc tous les sens nous trompent ; au moins ne sauroit-on s'y fier ; donc toutes les connoissances que nous acquérons par le moyen des sens sont incertaines & probablement fausses ; donc nous ne savons rien de certain. Voilà le raisonnement de ces grands philosophes sceptiques, qui se vantent tant de leur esprit, quoiqu'il n'y ait rien de si aisé que de dire que tout est incertain, & que le plus grand ignorant puisse réussir très-heureusement dans cette sublime philosophie. Mais il est faux que la vue ne nous représente pas le soleil plus grand qu'un bassin ; elle n'y décide absolument rien ; ce n'est que notre jugement qui nous trompe. Cependant quand les objets ne sont pas fort éloignés de nous, nous ne nous y trompons guères, & les autres sens, joints au degré de clarté dont nous voyons un objet, rendent notre jugement assez certain sur sa grandeur & sa distance. Or dès que nous établissons par notre jugement la distance d'un objet, nous formons aussi celui de sa véritable grandeur, sachant que la grandeur apparente est d'autant plus grande, que

l'objet est plus proche de nous. De-là, plus nous jugeons un objet éloigné, plus nous l'estimons grand, & réciproquement ; plus nous le jugeons proche, plus nous l'estimons petit. Lorsqu'il arrive qu'une mouche passe tout près de nos yeux, & que par quelque distraction nous la jugeons fort loin, nous la prenons pour une aigle ; mais dès que nous revenons pour ainsi dire à nous mêmes, & que nous nous avisons que l'objet étoit proche de nous, nous reconnoissons la mouche. La raison en est ; que l'angle visuel d'une mouche proche peut être aussi grand que celui d'une aigle éloignée ; & que l'image au fonds de l'œil est la même. Il y a encore un autre phénomène très-bien connu de tout le monde, & qui a occasionné bien des disputes parmi les savans, dont il est à présent aisé de donner l'explication. Tout le monde juge la pleine lune, lorsqu'elle se lève, plus grande que lorsqu'elle est déjà montée assez haut au ciel, quoique l'angle visuel & la grandeur apparente soient les mêmes. Aussi le soleil en se levant ou se couchant, paroît-il à tout le monde plus grand qu'à midi ; quelle est donc la raison de ce jugement si général & si trompeur ? C'est sans doute, qu'on juge le soleil & la lune à l'horizon plus loin de nous, que lorsqu'ils sont déjà élevés : mais pourquoi juge-t-on de cette sorte ? On répond ordinairement que, lorsque le soleil & la lune sont à l'horizon, nous appercevons beaucoup d'objets entr'eux & nous,

qui nous semblent augmenter l'éloignement ; au lieu que quand le soleil ou la lune sont fort élevés, nous ne voyons rien entr'eux & nous, & partant nous les jugeons plus près de nous. Je ne fais pas si ce dénouement satisfera V. A. On peut objecter, qu'une chambre vuide paroît plus grande qu'une autre fort garnie de meubles, quoiqu'elle soit de la même grandeur : donc plusieurs choses vues entre un objet & nous, ne produisent pas toujours l'effet, de nous faire juger cet objet plus éloigné. J'espère que V. A. trouvera celle-ci meilleure.

Que le cercle *Tab. I. fig. 13. A* représente toute la terre, & le cercle ponctué l'atmosphère ou l'air dont la terre est entourée, & que nous nous trouvions au lieu *A*. Cela posé, si la lune est à l'horison, les rayons parviennent à nous par la ligne *BA*, si elle est au-dessus de nous, les rayons viennent selon la ligne *CA*. Dans le premier cas, les rayons traversent dans notre atmosphère le grand espace *BA*, & dans l'autre cas, le petit espace *CA*. Or *V. A.* se souviendra que les rayons de lumière qui passent par un milieu transparent perdent d'autant plus de leur force, que le trajet est long. Donc l'atmosphère ou l'air étant un milieu transparent, le rayon *BA* perd dans son passage beaucoup plus de sa force, que le rayon *CA*. D'où il s'ensuit en général, que tous les corps célestes paroissent beaucoup moins brillans dans l'ho-

rison, qu'au-dessus de nous. Nous pouvons même regarder directement dans le soleil, lorsqu'il est à l'horison; mais dès qu'il monte à une certaine hauteur, nos yeux ne sauroient plus soutenir son éclat. Je conclus de-là que la lune paroît plus foible à l'horison qu'étant élevée. Or V. A. se souviendra de la raison des peintures, que le même objet nous paroît plus éloigné lorsque sa lumière est affoiblie; donc la lune étant à l'horison doit nous paroître plus éloignée qu'à quelque hauteur. La conséquence est donc manifeste, que puisque nous jugeons la distance de la lune plus grande à l'horison, nous devons aussi juger la lune même plus grande; &, en général, toutes les étoiles étant près de l'horison nous paroissent plus grandes, puisque nous les estimons plus éloignées.

*le 3 d'Août 1760.*

---

## LE T T R E   X X X V I.

J'AI eu l'honneur d'exposer à V. A. presque tout ce qu'on est accoutumé de traiter en optique. Il ne reste plus qu'un seul article sur l'ombre. V. A. connoit déjà trop bien ce qu'on nomme l'ombre, pour que j'aie besoin de m'y arrêter beaucoup. L'ombre suppose toujours deux choses: un corps lumi-

neux, & un corps opaque qui ne transmet point les rayons de lumière. Le corps opaque empêche donc, que les rayons d'un corps lumineux ne parviennent en certains lieux, derrière lui; & ces lieux où les rayons ne parviennent point, constituent ce qu'on appelle l'ombre du corps opaque, ou, ce qui revient au même, l'ombre comprend tous les lieux d'où l'on ne sauroit voir le corps lumineux, puisque le corps opaque en intercepte les rayons.

Soit *Tab. I. fig. 14.* *A* une lumière, & *BCDE* un corps opaque. Qu'on tire les rayons extrêmes *ABM*, *ADN*, qui touchent le corps opaque; il est évident, qu'aucun rayon de la lumière *A* ne sauroit pénétrer dans l'espace *MBEDN*; & en quelque lieu, comme *O*, de cet espace que se trouve un œil, il ne verra pas la lumière. C'est cet espace, qui est l'ombre du corps opaque, & l'on voit que cet espace s'élargit de plus en plus, & que cette ombre s'étend à l'infini. Mais si la lumière elle-même est d'une grande étendue, la détermination de l'ombre est un peu différente. On a trois cas à considérer; le premier, quand la lumière est plus petite que le corps opaque; le second, quand elle lui est égale, & le troisième, quand elle est plus grande. Le premier cas est le même que nous venons d'envisager, où la lumière étoit plus petite que le corps opaque.

Le second est représenté *Tab. I. fig. 15.* où le



le corps lumineux,  $A$  est de même grandeur que le corps opaque  $BCED$ . Qu'on tire les derniers rayons  $ABM$ ,  $AEN$ , qui touchent le corps : & tout l'espace  $MBEN$  fera l'ombre ; & partout, dans cet espace, il sera impossible de voir le corps lumineux. On voit de plus, que les lignes  $BM$  &  $EN$  sont parallèles, & que l'ombre s'étend à l'infini, conservant partout la même largeur.

Pour le troisième cas *Tab. I. fig. 16.*, où le corps lumineux  $AA$  est plus grand que le corps opaque  $BCED$ , les derniers rayons qui touchent  $ABO$  &  $AEO$ , concourent ensemble en  $O$ , & l'espace de l'ombre  $BOE$  devient borné, étant pointu en  $O$ . Cette figure est nommée conique, & on dit, que l'ombre, dans ce cas, est conique. Ce n'est que dans cet espace, où la lumière ne fauroit pénétrer, & où il est impossible de voir le corps lumineux. A ce troisième cas appartiennent les ombres des corps célestes, qui sont beaucoup plus petits que le corps lumineux, savoir le soleil, qui les éclaire. Nous trouvons encore ici un sujet digne de faire admirer la sagesse du créateur. Car si le soleil étoit plus petit que les planètes, leurs ombres ne seroient pas terminées, mais elles s'étendroient à l'infini, ce qui priveroit des espaces immenses de l'avantage d'être éclairés du soleil. Mais le soleil surpassant tant de fois les planètes, leurs ombres sont resserrées dans d'assez petits espaces, d'où la lumière du soleil est exclue. C'est

ainsi que la terre & la lune jettent leurs ombres coniques ; & il peut arriver que la lune se plonge dans l'ombre de la terre , ou tout-à-fait , ou en partie. Quand cela arrive , on dit que la lune est éclipfée , ou entièrement ou en partie. Dans le premier cas , on l'appelle *éclipse totale* , dans l'autre , *éclipse partielle* de lune. La lune jette aussi son ombre , mais elle est plus petite que celle de la terre ; cependant il peut arriver que l'ombre de la lune s'étende jusqu'à la terre , & alors ceux qui sont privés de la lumière du soleil , souffrent une *éclipse du soleil*. Ainsi une éclipse du soleil a lieu , quand la lune est cause que nous ne voyons pas le soleil , tout entier ou en partie. De nuit nous ne voyons plus le soleil , quoiqu'il n'y ait point d'éclipse ; mais nous nous trouvons alors dans l'ombre même de la terre , ce qui cause pour nous la plus grande obscurité. Jusqu'ici nous n'avons considéré que les cas où les rayons de lumière sont transmis par des lignes droites , ce qui fait l'objet de l'optique. Or j'ai déjà remarqué que les rayons de lumière sont quelquefois réfléchis , & quelquefois rompus ou réfractés. V. A. se souviendra que , lorsque les rayons tombent sur une surface bien polie , comme celle d'un miroir , ils en sont réfléchis ; & lorsqu'ils passent d'un milieu transparent dans un autre , ils y souffrent une réfraction , & sont *quasi* rompus. De-là naissent deux autres sciences. Celle qui considère la vision qui se fait par

des rayons réfléchis; est nommée catoptrique; & celle qui se fait par des rayons rompus, ou réfractés, est nommée dioptrique, pendant que l'optique explique la vision qui se fait par des rayons directs. J'aurai donc l'honneur de proposer à V. A. le précis de ces deux sciences, la catoptrique & la dioptrique; puisqu'elles renferment des phénomènes qui se présentent tous les jours, & dont il est fort important de savoir la cause & les propriétés. Tout ce qui regarde la vision est sans-contredit l'objet le plus digne de notre connoissance.

le 5 Août 1760.

## LETTRE XXXVII.

**L**A catoptrique s'occupe de la vision qui se fait par des rayons réfléchis. Lorsque les rayons tombent sur une surface bien polie, ils en sont réfléchis, enforte que les angles de part & d'autre sont égaux entr'eux.

Pour mettre cela dans tout son jour, soit *Tab. I. fig. 17.* *AB* la surface d'un miroir ordinaire, & *P* un point lumineux, dont les rayons *PQ*, *PM*, *Pm*, tombent sur le miroir. Parmi tous ces rayons, soit *PQ* celui qui tombe perpendiculairement sur le miroir, & qui a cette propriété sur tous les autres, qu'il est réfléchi sur lui-même, suivant *QP*; de même

que sur un billard, quand on pousse une bille perpendiculairement contre une bande, elle en est repoussée par le même chemin. Or tout autre rayon, comme  $PM$ , est réfléchi sur la ligne  $MN$ , en sorte que l'angle  $AMN$  soit égal à l'angle  $BMP$ , où il faut remarquer, que le rayon  $PM$  est nommé le rayon incident, &  $MN$  le rayon réfléchi. De la même manière, au rayon incident  $Pm$ , répondra le rayon réfléchi  $mn$ ; & par conséquent, à cause de la réflexion, le rayon  $PM$  est continué par la ligne  $MN$ , & le rayon  $Pm$ , par la ligne  $mn$ , de sorte qu'on a l'angle  $AMN$  égal à  $BMP$ , & l'angle  $Amn$ , égal à  $BmP$ ; laquelle propriété est énoncée en sorte qu'on dit, que l'angle de réflexion est toujours égal à celui d'incidence. J'ai déjà eu l'honneur de faire remarquer cette belle propriété à V. A. mais je ferai voir à présent quels phénomènes doivent en résulter dans la vision. D'abord il est clair, qu'un œil étant placé en  $N$ , recevra du point lumineux  $P$  le rayon réfléchi  $MN$ ; ainsi le rayon qui y excite le sentiment, vient dans la direction  $MN$ , de même que si l'objet  $P$  se trouvoit quelque part sur la ligne  $NM$ ; d'où il s'ensuit que l'œil doit voir l'objet  $P$  dans la direction  $NM$ . Pour nous éclaircir mieux là-dessus, il faut recourir à la géométrie, & V. A. se rappellera avec plaisir les propositions sur lesquelles est fondé le raisonnement suivant. Qu'on prolonge le rayon perpendiculaire  $PQ$  derrière le miroir, jusqu'en  $R$ ; de-

forte que  $QR$  soit égal à  $PQ$ , & je ferai voir, que tous les rayons réfléchis  $MN$  &  $mn$ , étant prolongés en arrière, se réunissent dans ce point. Car, considérant les deux triangles  $PQM$ , &  $RQM$ , ils ont d'abord le côté  $MQ$  commun; ensuite le côté  $QR$  est égal au côté  $PQ$ , & enfin, puisque l'angle  $PQM$  est droit, son angle de suite  $RQM$  sera aussi droit. Donc ces deux triangles, ayant deux côtés égaux avec l'angle intercepté, seront aussi égaux, & partant l'angle  $PMQ$  sera égal à l'angle  $RMQ$ . Or l'angle  $AMN$  étant opposé par la pointe à l'angle  $RMQ$ , lui est égal; il sera donc aussi égal à l'angle  $PMQ$ , qui est l'angle d'incidence; ainsi l'angle  $AMN$  sera l'angle de réflexion, comme la nature de la réflexion l'exige. De la même manière, on voit que le rayon réfléchi  $mn$ , étant prolongé, passe aussi par le point  $R$ ; donc tous les rayons du point  $P$ , qui sont réfléchis du miroir, tiennent précisément la même route que s'ils venoient du point  $R$ , & produisent par conséquent dans l'œil le même effet que si l'objet  $P$  étoit effectivement placé derrière le miroir en  $R$ , ce point se trouvant sur la perpendiculaire  $PQR$ , autant derrière le miroir, que l'objet  $P$  est en avant. De-là V. A. comprend à présent très-distinctement, pourquoi les miroirs représentent les objets derrière eux, & pourquoi nous y voyons tous les objets de la même manière que si ces objets se trouvoient derrière le miroir, & cela à une distance égale à celle dont

ils se trouvent devant le miroir. C'est ainsi que le miroir transporte presque les objets dans un autre lieu, sans en changer l'apparence. Pour distinguer cet objet apparent dans le miroir, du véritable, on nomme l'objet apparent *l'image*, & on dit que les images représentées par les rayons réfléchis se trouvent derrière le miroir. Cette dénomination sert à distinguer mieux les objets réels de leurs images que les miroirs nous représentent; & les images que nous voyons dans les miroirs, sont parfaitement égales & semblables aux objets, à l'exception, que ce qu'il y a dans l'objet à gauche, paroît dans l'image à droite; & réciproquement. Ainsi un homme qui porte l'épée à gauche paroît dans le miroir portant l'épée à la droite.

Par ce que je viens de dire, il est toujours aisé d'assigner l'image d'un objet quelconque derrière le miroir.

Car *Tab. II. fig. 1.* *AB* étant un miroir, & *EF* un objet, qui soit une flèche: Qu'on tire des points *E* & *F* des perpendiculaires *EG* & *FH* sur la surface du miroir, & qu'on les prolonge en *e* & *f*, desorte que  $EG = eG$  &  $FH = fH$ , & l'image sera *ef*, laquelle sera égale à l'objet *EF*; puisque la figure quadrilatère *GefH* est à tous égards égale à *GEFH*. On doit encore comprendre que, quand même on retrancheroit du miroir une partie comme *CB*; desorte que *AC* fût le miroir, l'image *ef* n'en sera point changée. Et par

conséquent, quand le miroir n'est pas assez grand pour que les perpendiculaires *EG* & *FH* y puissent tomber, il faut concevoir que le plan du miroir soit continué, comme on continue les lignes dans la géométrie, lorsqu'on veut tirer des perpendiculaires. Or ce que je viens de dire ne regarde que les miroirs ordinaires, dont la surface est parfaitement plane. Les miroirs convexes & concaves produisent des effets différens.

CHAP. III.

le 7 d'Août 1760.

## LETTRE XXXVIII.

**T**OUT ce qui regarde la réflexion des rayons se réduit comme *V. A.* vient de le voir, à deux choses, dont l'une est le lieu de l'image que les rayons réfléchis représentent, & l'autre le rapport de l'image à l'objet. Dans les miroirs ordinaires ou plans, le lieu de l'image est derrière le miroir, à une distance égale à celle de l'objet qui se trouve devant le miroir; & l'image est égale & semblable à l'objet. C'est à ces deux choses qu'il faut avoir égard, lorsque le miroir n'est pas plane, mais que sa surface est convexe ou concave, car alors l'image est ordinairement très-défigurée. *V. A.* aura déjà observé que, lorsqu'on regarde dans une cuillère bien polie, soit dans sa surface

intérieure concave, soit dans l'extérieure convexe, on voit son image fort défigurée; une boule d'argent bien polie représente assez bien les objets, mais plus petits. Si la surface intérieure de la boule est bien polie, les objets y paroissent plus grands, supposé qu'ils n'en soient pas trop éloignés; car les mêmes objets pourront y paroître aussi plus petits & renversés, si on les éloigne du miroir. Il est inutile de prendre une boule entière, une partie quelconque de la surface produit le même effet. Ces miroirs sont nommés sphériques, & il y en a de deux espèces, des convexes & de concaves, selon qu'ils sont tirés de la surface extérieure ou intérieure de la sphère. Ces miroirs se font du mélange de quelques métaux, susceptibles d'un bon poli, au lieu que les miroirs plans sont faits d'une table de verre, & couverts d'un côté de mercure préparé, pour procurer la réflexion des rayons. Je commence par les miroirs convexes.

Soit *Tab. II. fig. 2.* *ACB* un miroir, appartenant à une sphère dont le centre soit en *G*. Si l'on place devant ce miroir un objet à une grande distance en *E*, son image paroîtra derrière le miroir en *D*, qui est au milieu du rayon de la sphère *CG*; & cette image sera autant de fois plus petite que l'objet, que la ligne *CD* est plus petite que la distance de l'objet *CE*. Si l'on approche l'objet *E* du miroir, son image s'y approchera aussi. Tout cela se démontre par la géométrie, supposant



qu'un rayon incident quelconque  $EM$  est réfléchi enforte selon  $MN$ , que l'angle  $BMN$  soit égal à l'angle  $CME$ . Ainsi quand l'œil est en  $N$ , recevant le rayon réfléchi  $MN$ , il verra l'objet  $E$  selon la direction  $NM$  dans le miroir en  $D$ ; ou bien  $D$  fera l'image de l'objet situé en  $E$ , mais qui sera plus petite. Il est aussi aisé de voir, que plus la sphère, dont le miroir fait partie, est petite, plus aussi l'image en sera diminuée.

Je passe aux miroirs concaves dont l'usage est très-commun en plusieurs occasions. Soit *Tab. II. fig. 3.*  $ACB$  un miroir, faisant partie d'une sphère dont le centre est en  $G$ , &  $GC$  un rayon. Concevons un objet en  $E$ , fort éloigné du miroir, son image paroîtra devant le miroir en  $D$ , au milieu du rayon  $CG$ ; car un rayon de lumière quelconque  $EM$ , qui tombe de l'objet  $E$  dans le miroir au point  $M$ , y sera tellement réfléchi, qu'il passera par le point  $D$ ; & lorsque l'œil est placé en  $N$ , il verra l'image de l'objet en  $D$ ; mais cette image sera autant de fois plus petite que l'objet, que la distance  $CD$  est plus petite que la distance  $CE$ . Et quand on approche l'objet du miroir, l'image s'en éloigne; l'objet étant placé au centre même de la sphère  $G$ , l'image se trouve aussi en  $G$ . Si l'on approche l'objet jusqu'en  $D$ , l'image s'éloignera au-delà de  $E$  à l'infini. Mais si l'objet se trouve encore plus près entre  $C$  &  $D$ , l'image tombera derrière le miroir, & paroîtra plus grande que

l'objet. Lorsqu'on se regarde dans un tel miroir, se plaçant entre *D* & *C*, on y voit son visage d'une grandeur affreuse. Cela se prouve par la nature de la réflexion, en vertu de laquelle l'angle d'incidence *EMA* est toujours égal à l'angle de réflexion *CMN*. C'est à cette espèce qu'il faut rapporter les miroirs ardents; & tout miroir concave peut être employé à brûler. Cette propriété surprenante mérite d'être expliquée plus soigneusement.

Soit *Tab. II. fig. 4.* *ACB* un miroir concave, dont le centre est *G*, & au lieu de l'objet, soit le soleil en *E*; ses rayons réfléchis représenteront l'image du soleil en *D*, qui est le milieu de *CG*. Or la grandeur de cette image sera déterminée par les rayons extrêmes *SC*, *SC*. Cette image du soleil sera donc fort petite; & puisque tous les rayons du soleil qui tombent sur le miroir *ACB* sont réfléchis dans cette image, ils y seront réunis, & auront d'autant plus de force, que l'image *D* sera plus petite que la surface du miroir. Or les rayons du soleil, outre la force d'éclairer, sont doués de celle d'échauffer; d'où il s'ensuit, qu'il doit se trouver en *D* un grand degré de chaleur; & quand le miroir est assez grand, cette chaleur peut devenir plus forte que le feu le plus violent. En effet, par le moyen de ce miroir on brûle dans un instant tous les bois, & on fond même tous les métaux. Ce n'est que l'image du soleil qui produit ces effets surprenans. On nomme com-

munément cette image le foyer du miroir, qui tombe toujours au milieu, entre le miroir & son centre *G*.

Il faut bien distinguer les miroirs ardents des verres ardents, qui seront bien connus de *V. A.* & dont j'aurai occasion de parler l'ordinaire prochain.

*le 9 d'Août 1760.*

## LETTRE XXXIX.

**A**YANT eu l'honneur d'exposer à *V. A.* les principaux phénomènes de la catoptrique, qui résultent de la réflexion des rayons de la lumière, il me reste à parler de la dioptrique, où il s'agit de la réfraction des rayons, qui se fait lorsque les rayons passent par différens milieux transparens. Un rayon de lumière ne poursuit sa route en ligne droite qu'autant qu'il se trouve dans le même milieu. Dès qu'il entre dans un autre milieu transparent, il change de direction, plus ou moins, selon qu'il y tombe plus ou moins obliquement. Il n'y a qu'un seul cas, où il conserve sa route rectiligne; qui est, lorsqu'il entre perpendiculairement dans l'autre milieu. Les instrumens qu'on considère principalement dans la dioptrique, sont des verres tels qu'on met en usage dans les lunettes & microscopes. Ces

verres sont ronds comme les cercles, ayant deux faces. Tout revient à la figure de ces deux faces, qui est plane, convexe, ou concave: & la figure convexe, comme la concave, fait partie d'une sphère, dont il faut connoître le rayon, qui est presque la mesure de la convexité & de la concavité. Cela remarqué, on a plusieurs espèces de verres dioptriques.

La première espèce N°. I. *Tab. II. fig. 5.* est celle où les deux faces sont planes. En coupant un cercle dans un miroir, on aura ce verre, qui ne change rien dans les objets. N°. II. a une surface plane & l'autre convexe; on nomme ces verres *plano-convexes*. La troisième N°. III. a une face plane & l'autre concave, & se nomme *plano-concaves*. La quatrième N°. IV. est celle où les deux faces sont convexes, on les nomme *convexo-convexes*. La cinquième espèce N°. V. a les deux faces concaves; on nomme ces verres *concarvo-concaves*. Les espèces N°. VI. & VII. ont une face convexe & l'autre concave; ces verres sont nommés *menisques*. Tous ces verres se rapportent à deux classes, dont l'une renferme ceux où la convexité prévaut, comme N°. II. IV. VI. & l'autre où la concavité a le dessus, comme N°. III. V. VII. Ceux-là sont nommés simplement convexes, & ceux-ci concaves. Ces deux classes se distinguent par la propriété suivante.

Soit *Tab. II. fig. 6.* *AB* un verre convexe,

qu'on expose à un objet *EF* fort éloigné, dont les rayons *GA*, *GC*, *GB*, tombent sur le verre, & en y passant souffrent la réfraction, qui se fera enforte que les rayons sortis du point *G*, se réunissent par la réfraction, derrière le verre en *g*. La même chose arrivera aux rayons qui sortent de chaque point de l'objet. Par cette altération, tous les rayons réfractés *Al*, *Bm*, *Cn*, poursuivront la même route que si l'objet étoit en *egf*, dans une renversée, & qu'il fût autant de fois plus petit que la distance *Cg* est moindre que la distance *CG*. On dit donc qu'un tel verre représente l'objet *EF* derrière lui en *ef*, & on nomme cette représentation *l'image*, laquelle est par conséquent renversée & autant de fois plus petite que l'objet même, qu'elle est plus proche du verre que l'objet. Il est donc clair que, si le soleil tient lieu de l'objet, l'image représentée en *ef* sera celle du soleil; quoique très-petite, elle sera si brillante, qu'on ne sauroit la regarder sans être ébloui; car tous les rayons qui traversent le verre, se réunissent dans cette image, & y exercent leur double force d'éclairer & d'échauffer. La chaleur y est à-peu-près autant de fois plus grande, que la surface du verre surpasse la grandeur de l'image du soleil, qu'on nomme son foyer; d'où, si le verre est fort grand, on peut faire des prodiges par la force de la chaleur. Des matières combustibles, mises au foyer de ce verre sont brûlées dans un instant. Les mé-

taux y font fondus, & même vitrifiés; & l'on produit, par ces verres ardents, des effets beaucoup supérieurs à tout ce qui peut se faire par le feu le plus violent. La raison en est la même que celle des miroirs ardents. Dans les uns & les autres, les rayons du soleil, répandus sur la surface entière du miroir ou du verre, sont réunis dans le petit espace de l'image du soleil. La seule différence est que, dans les miroirs, cette réunion se fait par la réflexion, & dans les verres, par la réfraction. C'est l'effet des verres convexes, qui sont plus épais au milieu qu'aux extrémités, tels que j'ai représentés N<sup>o</sup>. II. IV. & VI. Et les verres des N<sup>o</sup>. III. V. & VII. qui sont plus épais aux extrémités qu'au milieu, qu'on nomme simplement concaves, produisent un effet contraire.

Soit un tel verre *ACB Tab. II. fig. 7*. Si l'on expose à une grande distance l'objet *EGF*, les rayons *GA*, *GC*, *GB*, qui sortent du point *G*, sont tellement rompus par le verre en *l*, *m*, & *n*, comme s'ils venoient du point *g*; & un œil placé derrière le verre, comme en *m*, verra l'objet de la même manière que s'il étoit placé debout en *egf*, mais autant de fois plus petit, que la distance *CG* surpasse la distance *Gg*. Donc, comme les verres convexes représentent l'image des objets fort éloignés derrière eux, les verres concaves la représentent devant eux; ceux là renversée, & ceux-ci debout. Or, dans les uns & dans les au-

tres, l'image est autant de fois diminuée, qu'elle est plus proche du verre que l'objet même. C'est sur cette propriété des verres, qu'est fondée la construction de tous les microscopes & télescopes ou lunettes.

*le 11 d'Août 1760.*

## LETTRE XL.

**L**ES verres convèxes me fournissent encore quelques remarques, que j'aurai l'honneur de proposer à V. A. Je parle ici en général des verres convèxes, qui sont plus épais au milieu qu'aux extrémités, soit que les deux faces soient convèxes, ou qu'une des deux soit plane & l'autre convexe, ou même une concave & l'autre convexe, mais que la convexité surpasse la concavité, ou que l'épaisseur soit plus grande au milieu qu'aux extrémités. On suppose outre cela, que les faces de ces verres soient travaillées d'une figure circulaire, ou plutôt sphérique. Ces verres ont d'abord cette propriété, qu'étant exposés au soleil, ils présentent derrière eux un foyer, qui est l'image du soleil, douée de la double force d'éclairer & de brûler. La raison est que, tous les rayons qui partent d'un point du soleil, sont réunis par la réfraction du verre, dans un seul point. La même chose arrive,

quelqu'autre objet qu'on expose à ce verre; il en présente toujours l'image qu'on voit au lieu de l'objet même. Tout cela deviendra plus clair par la figure suivante.

Soit *Tab. II. fig. 8.* *ABCD* un verre convexe, devant lequel se trouve un objet *EGF*, dont il suffira de considérer les trois points *E*, *G*, *F*. Les rayons qui du point *E* tombent sur le verre, sont renfermés dans l'espace *AEB*; & dans la réfraction ils sont tous réduits dans l'espace *AeB*, de sorte qu'ils sont réunis dans le point *e*. De la même manière les rayons du point *G*, qui tombent sur le verre, remplissent l'espace *AGB*, & ceux-ci sont réduits par la réfraction dans l'espace *AgB*, se réunissant au point *g*. Enfin les rayons du point *F*, qui tombent sur le verre dans l'angle *AFB*, sont rompus en sorte qu'ils se réunissent au point *f*. De cette manière on aura l'image *egf*, dans une situation renversée derrière le verre, & un œil placé derrière cette image, comme en *O*, sera affecté de la même manière que si l'objet se trouvoit en *egf*, renversé, & autant de fois plus petit, que la distance *Dg* est plus petite que la distance *CG*. Pour juger du lieu de l'image *egf*, il faut avoir égard tant à la nature du verre, qu'à la distance de l'objet. Pour le premier, plus le verre est convexe, c'est-à-dire, plus l'épaisseur du milieu *CD* surpasse celle des extrémités, plus l'image est proche du verre. Pour l'autre, il faut remarquer, que si l'on approche l'objet *EF* du



du verre, l'image *ef* s'en éloigne, & réciproquement. L'image ne sauroit se trouver plus près du verre, que lorsque l'objet en est fort éloigné; elle se trouve alors à la même distance que l'image du soleil, qu'on nomme le foyer du verre. Donc si l'objet est fort éloigné, l'image tombe dans le foyer même, & plus on approche l'objet du verre, plus aussi elle s'en éloigne, & cela selon une règle démontrée dans la dioptrique, par le moyen de laquelle on peut toujours assigner le lieu de l'image pour toutes les distances de l'objet, pourvu qu'on connoisse le foyer du verre, ou la distance à laquelle tombe l'image du soleil où s'exerce la force de brûler. Or cette distance se trouve aisément par l'expérience. C'est de là qu'on tire la dénomination des verres; en disant, un tel verre a son foyer à la distance d'un pouce, un autre à la distance d'un pied, un autre à celle de dix pieds, & ainsi de suite. Les longues lunettes demandent des verres qui aient leur foyer à une grande distance; & il est très-difficile de faire de tels verres, qui soient bons. J'ai payé autrefois 150 écus pour un verre qui avoit son foyer à la distance de 600 pieds, que j'ai envoyé à l'académie de Petersbourg; & je suis bien persuadé qu'il ne valoit pas grande chose, mais on le vouloit à cause de la rareté. Pour faire voir à V. A. que la représentation de l'image *egf*, (dans la figure précédente) est

*Tom. I.* . . . . *L*

bien réelle, on n'a qu'à tenir dans ce lieu un papier blanc, dont les particules sont susceptibles de toutes espèces de vibrations, d'où dépendent les couleurs. Alors tous les rayons du point *E* de l'objet, en se réunissant au point *e*, y mettront la particule du papier, dans un mouvement de vibration semblable à celui qu'a le point *E*, & par conséquent il s'y formera la même couleur. Pareillement les points *g* & *f* auront les mêmes couleurs que les points *G* & *F* de l'objet, & on verra aussi, sur le papier, tous les points de l'objet exprimés avec leurs couleurs naturelles; ce qui représentera la plus exacte & la plus belle peinture de l'objet. Cela réussit parfaitement dans une chambre obscure, en mettant le verre dans un trou du volet, où l'on pourra voir sur un papier blanc, tous les objets du dehors, si exactement peints, qu'on pourra les suivre avec un crayon. Les peintres se servent de cette machine pour dessiner les paysages & les vues.

*le 13 d'Août 1760.*

## LETTRE XLI.

**J**E suis à-présent en état d'expliquer à V. A. de quelle manière se fait la vision dans les yeux des hommes & des animaux, ce qui, sans-doute, est la chose la plus merveilleuse que l'esprit

humain ait pu pénétrer. Quoiqu'il s'en faille beaucoup que nous la connoissions parfaitement, le peu que nous en savons est plus que suffisant pour nous convaincre de la Toute-Puissance & de l'infinie sagesse du Créateur; & ces merveilles doivent remplir nos esprits de l'adoration la plus pure envers l'Etre suprême. Nous reconnoissons dans la structure des yeux des perfections que l'esprit le plus éclairé ne pourroit jamais approfondir; & le plus habile artiste ne sauroit fabriquer une machine de cette espèce, qui ne soit infiniment au-dessous de tout ce que nous découvrons dans les yeux, quand même nous lui accorderions le pouvoir de former la matière à son gré, & le plus haut degré de pénétration dont un homme soit susceptible.

Je ne m'arrêterai pas ici à la description anatomique de l'œil; il me suffit de remarquer que la membrane *Tab. II. fig. 9.* d'avant *aAb* est transparente, & se nomme la *cornée*, derrière laquelle se trouve en-dedans une autre membrane *am*, *bm*, circulaire, teinte de couleurs, qu'on nomme l'iris; au milieu de laquelle est un trou *mm*, qu'on nomme la pupille, qui, au milieu de l'iris, nous paroît noire. On trouve derrière ce trou un corps *bBCa*, semblable à un petit verre ardent, parfaitement transparent, d'une substance membraneuse, qu'on nomme le cristallin. Derrière le cristallin, la cavité de l'œil est remplie d'une gelée parfaitement transparente, appelée

*Phumeur vitrée.* Or la cavité antérieure entre la cornée  $aBb$ , & le cristallin  $ab$ , contient une liqueur fluide comme l'eau, qui est l'humeur aqueuse. Voilà donc quatre matières transparentes, par lesquelles les rayons de lumière qui entrent dans l'œil doivent passer : 1<sup>o</sup>. la cornée, 2<sup>o</sup>. l'humeur aqueuse, entre  $A$  &  $B$  ; 3<sup>o</sup>. le cristallin  $bBCa$ , & 4<sup>o</sup>. l'humeur vitrée ; ces quatre matières diffèrent en densité, & les rayons passant de l'une à l'autre, souffrent une réfraction particulière, & sont tellement arrangées, que les rayons qui viennent d'un point de quelqu'objet, se réunissent encore au - dedans de l'œil, dans un point, & y présentent une image. Le fonds de l'œil en  $EGF$  est tapissé d'un tissu blanchâtre, propre à recevoir les images, comme j'ai observé que, par le moyen d'un verre convexe on peut représenter les images des objets sur un fonds blanc. C'est donc conformément au même principe, que tous les objets dont les rayons entrent dans l'œil, se trouvent peints au naturel sur le fonds blanchâtre de l'œil, nommé la *rétiline*. Quand on prend un œil de bœuf, & qu'on ôte les parties extérieures qui couvrent la rétiline, on y voit tous les objets peints si exactement, qu'aucun peintre ne sauroit les imiter. Et pour voir un objet, tel qu'il soit, il faut toujours que son image soit peinte au fonds de l'œil sur la rétiline, & quand, par quelque malheur, il arrive que quelques parties de l'œil se gâtent ou perdent leur transparence, on devient aveu-

gle. Mais il ne suffit pas, pour voir les objets, que leurs images soient peintes sur la rétine; il y a des personnes qui, nonobstant cela, sont aveugles; d'où l'on voit que les images peintes sur la rétine ne sont pas encore l'objet immédiat de la vision, & que la perception de notre ame se fait autre part. La rétine dont le fonds de l'œil est tapissé, est un tissu de filets des nerfs les plus subtils qui communiquent avec un grand nerf qui, venant du cerveau, entre en *O* dans l'œil, & qu'on nomme le nerf optique. Ces petits nerfs de la rétine sont agités par les rayons de lumière, qui forment l'image au fonds de l'œil, & cette agitation est transmise par le nerf optique jusqu'au cerveau; c'est sans-doute là, que l'ame tire la perception; mais le plus adroit anatomiste n'est pas en état de poursuivre les nerfs jusqu'à leur origine, ce qui fera toujours pour nous un mystère qui renferme la liaison de notre ame avec le corps. De quelque manière qu'on envisage cette liaison, on est obligé de la reconnoître pour le miracle le plus éclatant de la toute-puissance divine, que nous ne saurions jamais approfondir. Combien ces esprits forts, qui rejettent tout ce qu'ils ne peuvent comprendre par leurs esprits bornés, devraient être confondus par cette réflexion!

*le 15 d'Août 1760.*

## L E T T R E   X L I I .

J'ESPÈRE que V. A. fera bien aisé de contempler avec moi , plus soigneusement , les merveilles que nous pouvons découvrir dans la structure de l'œil ; & la pupille nous fournit d'abord un objet très-digne d'admiration. La pupille est ce trou noir au milieu de l'iris , ou de l'étoile , par lequel les rayons passent dans l'intérieur de l'œil. Plus ce trou est ouvert , plus il peut entrer de rayons dans l'œil , & former sur la rétine l'image qui y paroît peinte ; ainsi plus la pupille sera ouverte . & plus cette image sera brillante. En regardant avec soin l'œil de l'homme , on voit que l'ouverture de la pupille est tantôt plus grande & tantôt plus petite. On remarque généralement , que la pupille est fort resserrée , à l'exposition d'un grand éclat de lumière , & fort ouverte au contraire , dans un lieu peu éclairé. Cette variation est très-nécessaire pour la perfection de la vision. Quand nous nous trouvons dans une grande lumière , les rayons étant plus forts , il en faut moins pour ébranler les nerfs de notre rétine , & pour lors la pupille est resserrée. Si elle étoit plus ouverte , & qu'elle admit plus de rayons , leur force ébranleroit trop les nerfs , & causeroit de la douleur. C'est pourquoi nous ne saurions regarder le soleil sans être éblouis , & sans une douleur très-sensible dans le fonds de

l'œil. S'il nous étoit possible de contracter davantage la pupille, pour ne recevoir qu'une très-petite quantité de rayons, nous n'en serions plus incommodés ; mais la contraction de la pupille n'est pas en notre pouvoir. Les aigles ont cet avantage, & peuvent regarder directement le soleil ; aussi a-t-on remarqué que leur pupille se contracte si fort alors, qu'elle paroît réduite à un point. Une grande clarté demandant une très-petite ouverture de la pupille, plus la clarté diminue, plus la pupille s'élargit, & s'ouvre dans l'obscurité, au point, d'occuper presque tout l'iris. Si l'ouverture demeurait aussi petite que dans la clarté, les rayons foibles qui y entreroient, ne feroient pas capables d'agiter les nerfs autant que le sentiment l'exige. Il faut alors que les rayons entrent dans l'œil en plus grande abondance pour y produire un effet sensible. Si nous pouvions ouvrir la pupille davantage, nous verrions encore dans une assez grande obscurité. On allègue à cette occasion l'exemple d'un homme qui, après avoir reçu un coup dans l'œil, eut la pupille tellement élargie, qu'il pouvoit lire & distinguer les moindres choses dans la plus grande obscurité. Les chats & plusieurs autres animaux, qui font leurs expéditions dans les ténèbres, ont la faculté d'élargir la pupille bien plus que les hommes ; & les hiboux l'ont toujours trop ouverte pour pouvoir supporter un degré de clarté médiocre. Or quand celle des hommes s'élargit ou se res-

ferre, ce n'est pas un acte de leur volonté, l'homme n'étant pas maître d'ouvrir & de contracter la pupille quand il veut. Dès qu'il se trouve dans un endroit fort éclairé, elle se contracte, & se dilate quand il retourne dans un lieu plus obscur; mais ce changement ne se fait pas dans un instant; il faut attendre quelques minutes, jusqu'à ce qu'elle s'accommode aux circonstances. Ainsi V. A. aura déjà remarqué, quand elle est passée subitement d'un grand éclat de lumière dans un lieu obscur, comme dans la comédie de Schuch, qu'elle n'a pu distinguer d'abord les personnes qui s'y trouvoient. La pupille étoit encore trop étroite, pour que le peu de rayons foibles qu'elle admettoit, fut capable de faire une impression sensible; mais elle s'élargissoit peu-à-peu pour recevoir assez de rayons. Le contraire arrive lorsqu'on passe subitement d'une grande obscurité à une vive lumière. La pupille étant alors trop ouverte, la rétine est frappée trop vivement, & on se trouve tout-à-fait ébloui, de sorte qu'on est obligé de fermer les yeux. C'est donc une circonstance fort remarquable, que la pupille se resserre & s'élargit, selon les besoins de la vision, & que ce changement arrive presque de lui-même, sans que la volonté y ait aucune part. Les philosophes, qui examinent la structure & les fonctions du corps humain, sont fort partagés sur cet article, & il y a peu d'apparence qu'on en découvre jamais la véritable raison. Cependant cette



variabilité de la pupille est un article très-essentiel à la vision, sans lequel elle feroit fort imparfaite : mais nous découvrirons encore bien d'autres merveilles.

*le 17 d'Août 1760.*

### LE T T R E X L I I I.

LE principe, sur lequel la structure de l'œil est fondée, est en général le même, que celui d'après lequel j'ai eu l'honneur d'expliquer à V. A. la représentation des objets sur un papier blanc, par le moyen d'un verre convexe. L'un & l'autre revient à ce que tous les rayons qui viennent d'un point de l'objet, sont de nouveau réunis dans un seul point par la réfraction ; & il semble peu important, que cette réfraction se fasse par un seul verre, ou par plusieurs matières transparentes dont l'œil est composé. On pourroit même inférer de-là, qu'une structure plus simple que celle de l'œil, en n'y employant qu'une seule matière transparente, auroit fourni les mêmes avantages ; ce qui seroit une instance bien forte contre la sagesse du Créateur, qui, sûrement, a suivi dans ses ouvrages la route la plus simple, en employant les moyens les plus propres. Il y a eu des esprits forts, & il en est encore assez, qui se vantent que si Dieu, à la création, avoit

demandé leur avis, ils auroient pu lui donner de bons conseils, & que bien des choses seroient plus parfaites. Ils s'imaginent qu'ils auroient pu fournir un plan plus simple, & plus propre pour la structure de l'œil. J'examinerai cet œil des esprits forts, & d'après cet examen, V. A. verra très-clairement, que cet ouvrage seroit très-défectueux, & tout-à-fait indigne d'être mis en parallèle avec les ouvrages du Créateur.

L'œil de ces esprits forts se réduiroit donc *Tab. II. fig. 10.* à un seul verre convexe *ABCD*, que j'ai bien remarqué qui rassemble dans un point tous les rayons qui viennent d'un point de l'objet; mais cela n'est vrai qu'à-peu-près. La figure circulaire, qu'on donne aux faces du verre, a toujours le défaut, que les rayons qui tombent sur ses extrémités, ne se réunissent pas au même point que ceux qui passent par le milieu. Il y a toujours une petite différence, presque insensible dans les expériences, où nous recevons l'image sur un papier blanc; mais si elle arrivoit dans l'œil même, elle rendroit la vision fort confuse. Ces gens-là disent bien, qu'on pourroit trouver une autre figure pour les faces du verre au lieu de la circulaire, qui eut la propriété de réunir tous les rayons sortant du point *O*, de nouveau, dans un point *R*, soit qu'il passe par le milieu du verre ou par ses bords. Je conviens que cela seroit possible; mais si le verre avoit cette propriété à l'égard du point *O*, qui s'en trouve à la dis-

tance  $CO$  fixe, il ne l'auroit plus pour les points plus ou moins éloignés du verre; & quand cela feroit possible, ce qui ne l'est pas, il est très-certain, qu'il perdrait cette qualité à l'égard des objets situés à côté, comme en  $T$ . Aussi voit-on que, lorsqu'on représente les objets sur un papier blanc, quoique ceux qui se trouvent directement devant le verre, comme en  $O$ , soient assez bien exprimés, ceux situés obliquement comme en  $T$ , sont toujours fort défigurés & confusément exprimés, ce qui est un défaut auquel le plus habile artiste ne sauroit remédier. Mais il en est un autre, qui n'est pas moins considérable. Quand j'ai parlé à V. A. des rayons de diverses couleurs, j'ai remarqué qu'en passant d'un milieu transparent dans un autre, ils souffrent une réfraction différente, & que les rayons rouges souffrent la plus petite réfraction, & les violets la plus grande. Ainsi, si le point  $O$  étoit rouge, & que ses rayons, en passant par le verre  $AB$ , fussent réunis au point  $R$ , ce feroit là le lieu de l'image rouge; mais si le point  $O$  étoit violet, la réunion des rayons se feroit plus près du verre en  $V$ . Ensuite, puisque la couleur blanche est un mélange de toutes les couleurs simples, un objet blanc mis en  $O$  formeroit plusieurs images à la fois, situées à diverses distances du point  $O$ ; d'où résulteroit sur la rétine une tache colorée, qui troubleroit beaucoup la représentation. Aussi observe-t-on, que quand on présente dans une chambre obscure les objets

de dehors sur un papier blanc, ils paroissent brodés des couleurs de l'arc-en-ciel; il est même impossible de remédier à ce défaut, en n'employant qu'un seul corps transparent. On a donc remarqué, que cela se peut par le moyen de différentes matières transparentes; mais la théorie ni la pratique n'ont pas encore été portées au point de perfection nécessaire pour pouvoir exécuter une telle construction, qui remédieroit à tous ces défauts. Cependant l'œil fait par le Créateur, n'a aucune des imperfections que je viens de rapporter, ni bien d'autres encore auxquelles l'œil de l'esprit fort seroit assujetti. La véritable raison, pourquoi la sagesse divine a employé plusieurs matières transparentes à la formation des yeux, c'est donc de les affranchir de tant d'imperfections qui caractérisent les ouvrages des hommes. Quel beau sujet à notre admiration! & que le psalmiste a bien raison de nous conduire à cette demande importante: Celui qui a fait l'œil ne verroit-il pas lui-même? & celui qui a fabriqué l'oreille n'entendrait-il point? L'œil, seulement, étant un chef-d'œuvre qui surpasse l'entendement humain, quelle sublime idée devons-nous nous former de celui qui a pourvu non-seulement tous les hommes, mais tous les animaux, & même les plus vils insectes de ce présent merveilleux, au plus haut degré de perfection!

*le 19 d'Août 1760.*

## L E T T R E   X L I V .

L'ŒIL surpasse donc infiniment toutes les machines que l'adresse humaine est capable de produire. Les diverses matières transparentes, dont il est composé, ont non-seulement un degré de densité capable de causer des réfractions différentes, mais leur figure est aussi déterminée de façon, que tous les rayons sortis d'un point de l'objet sont exactement réunis dans un même point, quoique l'objet soit plus ou moins éloigné, situé devant l'œil directement ou obliquement, & que ses rayons souffrent une différente réfraction. Si l'on faisoit le moindre changement dans la nature & la figure des matières transparentes, l'œil perdrait d'abord tous les avantages que nous venons d'admirer. Cependant les Athées ont la hardiesse de soutenir que les yeux, & que le monde entier, ne sont que l'ouvrage du hasard. Ils n'y trouvent rien qui mérite leur attention. Ils ne reconnoissent aucune marque de sagesse dans la structure des yeux. Ils croient plutôt avoir droit de se plaindre de leur imperfection, ne pouvant voir, ni dans l'obscurité, ni à travers une muraille, ni distinguer les plus petites choses dans les objets fort éloignés, comme dans la lune & les autres corps célestes. Ils crient hautement, que l'œil n'est pas un ouvrage fait à dessein, qu'il est formé au hasard,

comme un morceau de limon qu'on rencontre dans la campagne, & qu'il étoit absurde de dire que nous avons des yeux afin que nous puissions voir, mais que plutôt ayant reçu les membres par hasard, nous en profitons autant que leur nature le permet. V. A. apprendra avec indignation de tels sentimens, qui ne sont pourtant que trop communs aujourd'hui parmi les gens qui se croient sages tout seuls, & qui se moquent hautement de ceux qui trouvent dans le monde les traces les plus marquées d'un Créateur souverainement puissant & sage. Il est inutile de s'engager dans une dispute avec eux; ils demeurent inébranlables dans leur sentiment, & nient les vérités les plus respectables. Tant ce que dit le psalmiste est vrai, que ce n'est que les fous qui disent dans leur cœur il n'y a point de Dieu! Leurs prétentions à l'égard des yeux sont aussi absurdes qu'injustes. Rien n'est effectivement plus absurde que de vouloir voir les choses à travers des corps par lesquels les rayons de lumière ne sauroient passer; & quant à une vue, qui put distinguer dans les étoiles les plus éloignées les plus petits objets, il faut remarquer, que nos yeux sont disposés à nos besoins; & bien loin de prétendre davantage, nous devons plutôt regarder ce merveilleux présent de l'Être suprême avec la plus humble vénération. Au reste, afin que nous voyons les objets distinctement, il ne suffit pas que les rayons qui viennent d'un point soient réunis dans un autre

point. Il faut encore , que ce point de réunion tombe précisément sur la rétine , au fonds de l'œil ; s'il tomboit en-deçà ou au-delà , la vision deviendroit confuse. Or si pour une certaine distance des objets ces points de réunion tombent sur la rétine , ceux des objets plus éloignés tombent dans l'œil avant la rétine ; & ceux des objets plus proches tomberoient derrière l'œil. L'un & l'autre cas causeroit une confusion dans l'image peinte sur la rétine. Les yeux de chaque homme sont donc arrangés pour une certaine distance. Quelques-uns ne voyent distinctement que les objets fort proches de leurs yeux ; ces gens sont nommés *Myopes*, on dit qu'ils ont la vue courte ; d'autres qu'on nomme *Presbytes*, ne voyent distinctement que les objets fort éloignés ; & ceux qui voyent distinctement les objets médiocrement éloignés , ont la vue bonne. Cependant chaque espèce peut tant soit peu , par quelque compression , raccourcir ou allonger les yeux , & par ce moyen , approcher ou éloigner la rétine , ce qui les met en état de voir aussi distinctement les objets un peu plus ou moins éloignés ; & c'est un grand secours pour rendre nos yeux plus parfaits , qu'on ne sauroit assurément pas attribuer à un pur hasard. Ceux qui ont la vue bonne en retirent le plus grand profit , vu qu'ils sont en état de voir distinctement les choses fort éloignées & fort proches ; cependant cela ne va pas au-delà d'un certain terme , & il n'y a peut-être personne qui puisse

voir à la distance d'un pouce, ou même encore plus petite. Si V. A. tenoit une écriture si près devant les yeux, elle n'en verroit les caractères que très-confusément. Mais je crois avoir suffisamment entretenu V. A. sur cette importante matière, & je suis &c.

*le 21 d'Août 1760.*

## LETTRE XLV.

**A**PRES tout ce que j'ai dit ci-devant sur la lumière & les rayons, j'aurai l'honneur d'entretenir V. A. d'une propriété générale à tous les corps que nous connoissons, celle de la gravité ou pesanteur. On voit que tous les corps, solides & fluides, tombent dès qu'ils ne sont plus soutenus. Quand je tiens une pierre, si je la lâche, elle tombe à terre, & tomberoit encore plus loin, s'il y avoit un trou dans la terre. Dans le tems même que j'écris ceci, mon papier tomberoit à terre, s'il n'étoit soutenu par ma table. La même chose arrive à tous les corps que nous connoissons. Il n'en est aucun qui ne tombât à terre, dès qu'il n'est plus soutenu ou arrêté. La cause de ce phénomène ou de ce penchant dans tous les corps, est nommée leur pesanteur. Quand on dit que tous les corps sont graves, on entend qu'ils ont un penchant à tomber, & qu'ils tomberont tous

en



en effet, dès qu'on ôte ce qui les a soutenus jusqu'ici. Les anciens n'ont pas assez connu cette propriété. Ils ont cru qu'il y avoit des corps qui, par leur nature, montent en-haut, comme la fumée & les vapeurs qui, au lieu de descendre, montent plutôt en-haut; & ils ont nommé ces corps légers, pour les distinguer des autres qui ont un penchant à tomber. Mais on a reconnu dans ces derniers tems que c'est l'air qui pousse cette matière en-haut; car dans un espace vuide d'air, on fait par le moyen de la machine pneumatique, que la fumée & les vapeurs descendent aussi bien qu'une pierre; & que ces matières sont par leur nature graves & pesantes comme les autres. Ainsi il leur arrive quand elles montent dans l'air, la même chose qu'au bois qu'on enfonce sous l'eau, qui malgré sa pesanteur, remonte en-haut, & nage sur l'eau dès qu'on l'abandonne, parceque le bois est moins pesant que l'eau, & que par une règle générale, tous les corps montent dans un fluide plus pesant qu'eux. Si l'on jette quelques morceaux de fer, de cuivre, d'argent & même de plomb dans un vase plein de vis-argent, ils y surnagent, & y étant submergés ils remontent d'eux-mêmes; l'or seul plus pesant que le vis-argent va au fonds. Et puis il y a des corps qui montent dans l'eau ou dans un autre fluide, non-obstant leur gravité, par la seule raison qu'ils sont moins pesans que l'eau ou cet autre fluide, il n'est donc pas surprenant que certains corps, moins pesans que l'air, comme la

fumée ou les vapeurs y montent. J'ai déjà eu l'honneur de faire remarquer à V. A. que l'air est lui-même pesant, & que c'est par sa pesanteur qu'il soutient le mercure dans le baromètre. Ainsi quand on dit que tous les corps sont pesans, il faut entendre que tous les corps, sans en excepter aucun, tomberoient en-bas dans un espace d'air. Je pourrois même ajouter qu'ils y tombent avec une égale rapidité; car un ducat & une plume tombent avec une égale vitesse sous une cloche dont on pompe l'air, comme j'en parlerai plus amplement dans la suite. On pourroit objecter contre cette propriété générale des corps, qu'une bombe lancée par un mortier, ne tombe pas d'abord à terre; comme une pierre que je laisse tomber de ma main, & qu'elle monte en l'air; inférerait-on de là, qu'elle n'a point de pesanteur? il est évident de reste, que c'est la force de la poudre qui pousse la bombe en-haut, sans quoi elle tomberoit sûrement à l'instant. Nous voyons même qu'elle ne monte pas toujours, mais que, dès que la force qui la pousse en haut cesse, elle tombe & écrase tout ce qu'elle rencontre, ce qui est une preuve complète de sa pesanteur. Quand, donc, on dit que tous les corps sont pesans, on ne nie pas qu'ils ne puissent être arrêtés, ou même jettés en haut; mais cela se fait par des forces étrangères, & il reste toujours certain, que tout corps, quel qu'il soit, dès qu'il est abandonné à lui-même, en repos ou sans mouvement, tombera sûrement

aussitôt qu'il ne fera plus soutenu. Il y a bien une cave sous ma chambre, mais mon plancher me soutient & m'empêche d'y tomber. Si mon plancher se pourrissoit subitement, & que la voute de ma cave s'écroulât en même tems, je serois infailliblement précipité dans ma cave; parceque mon corps est pesant, comme tous les autres que nous connoissons. Je dis *que nous connoissons*, car peut-être y a-t-il des corps sans pesanteur, comme ceux des anges qui apparoissoient autrefois; un tel corps ne tomberoit pas, quand même on lui ôteroit le plancher, & il marcheroit aussi facilement en haut dans l'air, qu'ici-bas sur la terre. Ces corps, que nous ne connoissons pas, exceptés, la propriété générale de tous ceux que nous connoissons, est la pesanteur, en vertu de laquelle ils ont tous un panchant à tomber, & tombent effectivement, dès que rien ne s'oppose à leur chute.

*le 23 d'Août 1760.*

---

## LETTRE XLVI.

V. A. vient de voir que la gravité est une propriété générale de tous les corps que nous connoissons, & qu'elle consiste dans un panchant qui, par une force invincible, les pousse en bas. Les philosophes disputent beaucoup, s'il existe effectivement une force qui agisse d'u-

ne manière invisible sur les corps & les pousse en bas, ou si c'est une qualité interne renfermée dans la nature même des corps, & comme un instinct naturel, qui les détermine à descendre. Cette question revient à celle-ci, si la cause de la pesanteur se trouve dans la nature même de chaque corps, ou si elle existe hors d'eux, enforte que, si elle venoit à manquer, le corps cesseroit d'être pesant? ou plus simplement encore: on demande, si la cause de la pesanteur existe dans les corps ou hors d'eux? Avant que d'entrer dans cette dispute, il faut examiner plus soigneusement toutes les circonstances qui accompagnent cette pesanteur. Je remarque d'abord que, lorsqu'on soutient un corps pour empêcher qu'il ne tombe, si l'on le pose sur une table, elle éprouve la même force, avec laquelle le corps voudroit tomber; & quand on attache le corps à un fil qu'on tient suspendu, ce fil est tendu par la force qui pousse le corps en bas, c'est-à-dire, par sa pesanteur, desorte que si le fil n'étoit pas assez fort, il romproit. Nous voyons donc que tous les corps exercent une certaine force sur les obstacles qui les soutiennent & les empêchent de tomber, & que cette force est précisément la même que celle qui feroit tomber le corps s'il étoit libre. Quand on pose une pierre sur une table, cette table en est pressée. On n'a qu'à mettre la main entre la pierre & la table, on sentira bien cette force, qui est même telle, qu'elle pourroit bien devenir assez grande pour

écraser la main. Cette force est nommée le poids du corps, & il est clair que le poids ou la pesanteur de chaque corps signifient la même chose, l'un & l'autre marquant la force dont le corps est poussé en bas, soit que cette force existe dans le corps même, ou hors de lui. Nous avons une idée trop claire du poids des corps; pour qu'il soit nécessaire de m'y arrêter davantage; je remarque seulement que, lorsqu'on joint deux corps ensemble, leurs poids sont aussi ajoutés, desorte que le poids du composé est égal à la somme des poids des parties; d'où nous voyons que les poids des corps peuvent être fort différens entr'eux. Nous avons même un moyen très-sûr de comparer les poids des corps entr'eux, & de les mesurer exactement à l'aide d'une balance qui a la propriété d'être en équilibre, lorsque les corps mis dans ses deux bassins sont également pesans. Pour réussir dans cette comparaison, on établit une mesure fixe, qui est un certain poids, comme celui d'une livre, & moyennant une bonne balance, on peut peser tous les corps, & assigner à chacun le nombre de livres que contient leur poids. Un corps trop grand pour entrer dans un bassin de la balance, se partage, & ayant pesé chacune des parties, il ne faut qu'ajouter les poids. On pourroit trouver ainsi le poids d'une maison entière, quelque grande qu'elle fut.

V. A. a bien déjà remarqué qu'un petit morceau d'or pèse autant qu'un morceau de bois

beaucoup plus grand; ce qui prouve que le poids des corps ne se règle pas toujours sur leur grandeur, un corps très-petit pouvant être d'un grand poids, pendant qu'un très-grand pèse très-peu. Chaque corps est donc susceptible de deux mesures tout-à fait différentes. L'une détermine sa grandeur ou son étendue, qu'on nomme aussi son volume, mesure qui appartient à la géométrie, où l'on apprend la manière de mesurer la grandeur ou l'étendue des corps. L'autre manière de les mesurer, par laquelle on définit leur poids, est tout-à fait différente, & sert à distinguer la nature des différentes matières dont les corps sont formés. Que V. A. conçoive plusieurs masses de diverses matières, qui soient toutes de la même grandeur ou étendue; que chacune, par exemple, ait la figure d'un cube, dont la longueur, la largeur & la hauteur soient d'un pied. Un tel volume, s'il étoit d'or, pèseroit 1330 livres; s'il étoit d'argent, 770 livres; s'il étoit de fer, 500 livres; s'il étoit d'eau, seulement 70 livres; & s'il étoit d'air, il ne pèseroit que la douzième partie d'une livre: d'où V. A. voit que les différentes matières, dont les corps sont composés, forment une différence très-considérable par rapport à leur pesanteur. Pour exprimer cette différence, on emploie certains termes qui paroïtroient équivoques, si on ne les entendoit pas bien. Ainsi, quand on dit que l'or est plus pesant que l'argent, il ne faut pas entendre qu'une livre d'or soit plus pesante

qu'une livre d'argent, car une livre, de quelle matière qu'elle soit, est toujours une livre, & a toujours précisément le même poids; mais le sens est, qu'ayant deux morceaux de même grandeur, l'un d'or & l'autre d'argent, le poids de celui d'or surpassera celui d'argent. Et quand on dit que l'or est 19 fois plus pesant que l'eau, le sens est, qu'ayant deux volumes égaux, l'un d'or & l'autre d'eau, celui qui est d'or aura un poids 19 fois plus grand que celui d'eau. Dans cette manière de parler on ne dit rien du poids absolu des corps, on n'en parle que par comparaison, en se rapportant toujours à des volumes égaux. Il n'importe pas même que ces volumes soient grands ou petits, mais qu'ils soient égaux.

*le 25 d'Août 1760.*

---

## LETTRE XLVII.

LA gravité ou la pesanteur nous paroît si essentielle à la nature des corps, qu'il nous est presque impossible de concevoir l'idée d'un corps qui ne seroit point pesant. Et cette qualité entre si généralement dans toutes nos entreprises, qu'il faut avoir égard par-tout à la pesanteur ou au poids des corps. Nous-mêmes, soit que nous soyons debout, assis, ou couchés, nous sentons continuellement l'effet de la pesanteur

de notre propre corps; nous ne tomberions jamais si notre corps & toutes ses parties n'étoient pas pesantes ou douées de ce panchant, qui les porte à tomber, dès qu'elles ne sont plus soutenues. Notre langage même est réglé sur cette propriété des corps, & nous nommons *en-bas* la direction vers laquelle ce panchant des corps est dirigé. Ce mot n'a pas d'autre signification, & si ce panchant tendoit vers une autre direction, nous la nommerions *en-bas*, & nous nommons la direction opposée *en-haut*; il faut remarquer que, lorsqu'on laisse tomber librement un corps, il descend toujours par une ligne droite, suivant laquelle on dit qu'il est dirigé *en-bas*; cette ligne est aussi nommée *verticale*, qui est par conséquent toujours une ligne droite tirée de haut *en-bas*; & si nous concevons cette ligne prolongée *en-haut* jusqu'au ciel, nous nommons ce point du ciel notre *Zenith*, mot arabe, qui signifie le point du ciel directement au-dessus de notre tête. V. A. comprend donc qu'une ligne verticale est cette ligne droite par laquelle un corps tombe dès qu'il n'est plus soutenu. Quand on attache un corps à un fil qu'on tient ferme par l'autre bout, ce fil arrêté sera tendu en ligne droite, qui sera aussi verticale. C'est ainsi que les maçons se servent d'un fil chargé d'une boule de plomb, que par cette raison ils nomment à *plomb*, lorsqu'ils élèvent des murailles qui doivent être verticales, afin qu'elles ne tombent point.



Tous les planchers d'une maison doivent être dressés de façon, que la ligne verticale y soit perpendiculaire; & alors on dit que le plancher est *horisontal*, d'où V. A. comprend qu'un plan horisontal est toujours celui auquel la ligne verticale est perpendiculaire. Quand on est dans une plaine parfaite, qui n'est bornée par aucune montagne, les extrémités s'en nomment *l'horison*, mot grec, qui désigne le terme de notre vue; & cette plaine représente alors un plan horisontal, ainsi que la surface d'un lac. On se sert encore d'un autre terme pour désigner ce qui est horisontal. On dit qu'une telle surface ou ligne est à *niveau*. On dit aussi que deux points sont à niveau, lorsque la ligne droite qui passe par les deux points est horisontale, desorte que la ligne verticale, ou la ligne à plomb, y soit perpendiculaire. Mais deux points ne sont pas à niveau, lorsque la ligne droite tirée par ces points n'est pas horisontale. Alors l'un de ces deux points est plus élevé que l'autre. C'est ce qui a lieu dans les rivières, leur surface a une pente; car si elle étoit horisontale, la rivière seroit en repos & ne couleroit point, mais toutes les rivières coulent toujours vers des lieux moins élevés. On a des instrumens par le moyen desquels on peut découvrir si deux points sont à niveau, ou si l'un est plus élevé que l'autre, & de combien. On appelle cet instrument *niveau*, & son usage, l'art de niveller. Si V. A. vouloit faire tirer une ligne droite d'un point de son

appartement à Berlin, à un point pris dans son appartement à Magdebourg, on pourroit, par le moyen de cet instrument, trouver si cette ligne seroit horisontale, ou si l'un des deux points seroit plus ou moins élevé que l'autre. Je crois que le point de Berlin seroit plus élevé que celui de Magdebourg. Je fonde ce sentiment sur le cours des rivières de la Sprée, de la Havel & de l'Elbe. Puisque la Sprée coule dans la Havel, il faut qu'elle soit plus haute; & par la même raison l'Elbe doit être plus basse que la Havel: Berlin est donc plus élevé que Magdebourg, c'est-à-dire, au rez-de-chaussée, car si l'on tiroit une ligne droite du rez-de-chaussée de Berlin au sommet du clocher du Dôme de Magdebourg, cette ligne seroit peut-être horisontale.

V. A. doit donc comprendre combien l'art de niveller est utile, quand il s'agit de la conduite des eaux; car puisque l'eau ne sauroit couler d'un lieu élevé que vers un autre qui l'est moins, avant que de creuser un canal, il faut être bien assuré qu'une extrémité est plus élevée que l'autre, ce qu'on connoît par le nivellement. En bâtissant une ville, il faut arranger les rues qu'elles aient une pente vers un côté, afin que l'eau s'écoule. Il n'en est pas ainsi dans les bâtimens, où l'on veut que les planchers des appartemens soient parfaitement de niveau & sans aucune pente, parce qu'il n'y a point d'eau à faire écouler, excepté dans les écuries, où l'on donne de la pente aux plan-

chers. Les astronomes sont aussi fort attentifs sur les planchers de leurs observatoires, qui doivent être parfaitement au niveau, afin de répondre à l'horison réel qu'on voit au ciel, la ligne verticale prolongée en haut marquant son zénith.

le 27 d'Août 1760.

---

---

## LETTRE XLVIII.

V. A. n'ignore pas, que la terre a, à-peu-près, la figure d'un globe, quoique dans ces derniers tems on ait découvert que cette figure n'est pas parfaitement sphérique, mais aplatie tant soit peu vers les poles, la différence est si petite, qu'elle n'est d'aucune conséquence pour ce que j'ai en vue. D'ailleurs les montagnes & les vallées ne dérangent pas beaucoup cette figure sphérique, le globe étant si grand, que son diamètre est de 1720 milles d'Allemagne, pendant que la hauteur des plus hautes montagnes excède à peine un demi-mille.

Les anciens ont peu connu la véritable figure de la terre. La plupart l'ont regardée comme une grande masse *Tab. II. fig. 11. ABCD*; aplatie par dessus *AB*, & couverte en partie de terre, & en partie d'eau. Selon eux cette seule surface *AB* étoit habitable; & il étoit impossible d'aller au-delà de *A* & *B*, qu'ils ont regardé comme les termes du monde. Lorf-

qu'ensuite on a été convaincu, que la figure de la terre étoit à-peu-près sphérique, & partout habitable, desorte qu'il y avoit des endroits qui nous étoient directement opposés, où les habitans tournoient les pieds vers les nôtres, c'est de-là qu'on les nomme antipodes: ce sentiment éprouva de telles contradictions que quelques pères de l'église le regardèrent comme une grande hérésie, & prononcèrent anathème contre ceux qui croyoient l'existence des antipodes. On passeroit cependant pour sot aujourd'hui, si l'on vouloit en douter, surtout depuis que ce sentiment a été confirmé par les voyageurs qui ont déjà fait plusieurs fois le tour de la terre. Mais on rencontre encore dans ce système bien des difficultés, qu'il est fort important de lever.

Si le cercle ci-joint *Tab. II. fig. 12.* dit-on, représente la terre, & que nous soyons en *A*, nos antipodes se trouveront diamétralement opposés à nous en *B*: donc, puisque nous avons la tête en haut & les pieds en bas, il faut que nos antipodes aient les pieds en haut & la tête en bas, ce qui paroît fort étrange; ceux qui ont fait le tour de la terre ne s'en sont pas aperçu dans leurs voyages, & ne se souviennent point d'avoir jamais eu la tête en bas & les pieds en haut. Or si l'antipode en *B* avoit la tête en haut & les pieds en bas, il toucheroit la terre de sa tête, & marcheroit avec la tête. Dans l'embarras que cause ce phénomène, quelques-uns prétendent l'expliquer par un globe

sur la surface duquel on voit souvent marcher des mouches ou d'autres insectes, tant en haut qu'en bas ; mais ils ne considèrent pas que les insectes, qui sont au bas, s'y accrochent par leurs ongles, & qu'ils tomberoient bientôt sans ce secours. D'ailleurs il faudroit que l'antipode eut des crochets à ses souliers, pour s'accrocher à la terre ; cependant quoiqu'il n'en ait point, il ne tombe pas plus que nous. En outre, comme nous nous imaginons d'être sur le haut de la terre, l'antipode s'y croit également, & s' imagine que nous sommes en-bas. Il est peut-être même aussi en peine pour nous que nous le sommes pour lui ; & ne peut pas concevoir, comment nous, ayant, à ce qu'il pense, les pieds en haut & la tête en bas, pouvons vivre & marcher sans avoir des crochets forts à nos souliers. En effet si quelqu'un vouloit s'accrocher au plat-fond d'une salle avec les pieds, & laisser pendre sa tête, il faudroit que les crochets de ses souliers fussent bien forts, & malgré cela il seroit une bien triste figure. Je ne voudrois pas être à sa place ; car je craindrois trop de me casser le cou, ou du moins le sang qui se porteroit dans la tête me causeroit bien du mal. J'aimerois mieux aller dans le pays de nos antipodes, parce que je serois assuré d'y être aussi bien qu'ici, & que je ne craindrois pas d'y passer mon temps si mal qu'étant attaché par les pieds à un plat-fond. Mais je suis trop vieux pour entreprendre ce voyage, qui seroit au moins de 2700 milles

d'Allemagne. Mais le pauvre antipode, qu'on craint tant qui ne tombe, si les crochets de ses pieds venoient à manquer, où tomberoit-il, si le cas arrivoit? on répondroit sans-doute, qu'il tomberoit *en-bas* ; mais cet *en-bas* s'éloigneroit de plus en plus de la terre, & l'antipode seroit bien à plaindre, puisqu'il ne trouveroit plus où mettre ses pieds, & qu'il continueroit de tomber, peut-être, éternellement. Cette crainte est cependant sans fondement, & jamais on n'a entendu encore que nos antipodes aient fait une chute si terrible en s'éloignant de plus en plus de la terre ; quand ils tombent, au contraire, c'est comme nous, en s'approchant de la terre, & encore s'imaginent-ils tomber alors *en-bas*. Croire que nos antipodes ont les pieds en haut & la tête en bas, & nous les figurer comme dans une situation renversée n'est donc qu'une illusion, qui ne vient que de l'idée fautive que nous attachons aux termes *en-bas* & *en-haut*. Par-tout où nous nous trouvons sur la terre, c'est *l'en-bas*, vers lequel les corps tombent ; *l'en-haut* est le contraire. C'est ainsi que j'ai déjà déterminé le sens de ces termes dans ma lettre précédente, & je crois que cette idée vaut bien la peine d'être développée plus exactement, afin de pouvoir répondre à toutes les objections qu'on fait à l'égard des antipodes, quoique je ne croie pas que V. A. se soit beaucoup mise en peine pour eux.

le 28 d'Août 1760.

## L E T T R E X L I X.

**Q**UOIQUE la surface de la terre soit raboteuse, à cause des montagnes & des vallées qui s'y trouvent, elle est cependant parfaitement aplanie par tout où il y a de la mer; puisque la surface de l'eau est toujours horisontale, & que la ligne verticale, suivant laquelle les corps tombent, lui est perpendiculaire. Donc, si toute la terre étoit couverte d'eau, en quelque lieu de la terre qu'on se trouvât, la ligne verticale seroit perpendiculaire à la surface de l'eau.

Ainsi, la figure *Tab. III. fig. 1. ABCDEFGHI* représentant la terre, sa surface étant par-tout horisontale, au lieu *A* la ligne *aA* fera verticale, au lieu *B* la ligne *bB*, au lieu *C* la ligne *cC*, au lieu *D* la ligne *dD*, au lieu *F* la ligne *Ff* & ainsi de suite. Or, en chaque lieu, la ligne verticale détermine ce qu'on y nomme *l'en-haut* & *l'en-bas*; donc, pour ceux qui sont en *A*, le point *A* sera en-bas, & le point *a* en-haut; & pour ceux qui sont en *F*, le point *F* sera en-bas, & le point *f* en-haut, & ainsi de tous les autres lieux de la terre. Toutes ces lignes verticales *aA*, *bB*, *cC*, *dD*, &c. sont nommées aussi les directions de la gravité ou de la pesanteur, puisque, par-tout, les corps tombent suivant ces lignes, desorte qu'un corps lâché en *g* tomberoit par la ligne *gG*: d'où l'on voit que par-tout les corps doivent tomber vers la

terre, & cela perpendiculairement à la surface de la terre ou plutôt de l'eau s'il y en avoit. Donc, en quelque lieu de la terre qu'on puisse se trouver, puisque les corps y tombent vers la terre, ce qu'on y nomme en-bas, fera dirigé vers la terre, & ce qui s'éloigne de la terre nommé en-haut; & par-tout les hommes ayant les pieds posés à terre, leurs pieds seront en-bas & leurs têtes en-haut. On voit donc que nos antipodes se trouvent dans la même situation que nous, & que nous aurions grand tort de leur reprocher d'avoir les pieds en-haut & la tête en-bas, car par-tout, vers la terre, c'est en-bas & le contraire en-haut. Si la terre étoit un globe parfait, toutes les lignes verticales  $aA$ ,  $bB$ ,  $cC$ , étant prolongées en dedans, courroient au centre du globe  $O$  qu'on nomme le centre de la terre; & c'est pourquoi l'on dit, que les corps ont par-tout un panchant à s'approcher du centre de la terre; ainsi en quel qu'endroit qu'on se trouve, si l'on demande ce qui est en-bas? on répondra que c'est ce qui tend vers le centre de la terre. En effet si l'on creusoit un trou dans la terre, en quelque lieu que ce soit, & qu'on continuât sans cesse ce travail en creusant toujours en-bas, on parviendroit enfin au centre de la terre. V. A. se souviendra, que Mr. d'... s'est souvent moqué de ce trou qui va jusqu'au centre de la terre, dont Mr. de Maupertuis avoit parlé. Il est bien vrai qu'un tel trou ne sauroit jamais être exécuté, parce qu'il faudroit creuser à la profondeur



profondeur de 860 milles d'Allemagne ; cependant il est permis d'en faire la supposition , pour rechercher ce qui arriveroit alors.

Supposons donc que ce trou *Tab. III. fig. 2.* creusé en *A*, soit continué au-delà du centre de la terre *O* par toute l'épaisseur de la terre jusqu'à nos antipodes *B*, & que nous descendions par ce trou. Avant d'arriver au centre *O*, & étant par exemple parvenus en *E*, le centre de la terre *O* nous paroitra au - dessous, & le point *A* en haut, & si nous ne nous tenions bien ferme, nous tomberions vers *O*. Mais ayant passé au-delà du centre *O*, par exemple en *F*, notre pesanteur tendroit vers *O*, & ce point *O*, & à plus forte raison le point *A*, nous paroîtront en bas, & le point *B* en haut ; ainsi ces termes d'en haut & d'en bas changeroient subitement de signification, quoique nous passassions par une ligne droite de *A* vers *B*. Tant que nous sommes à passer de *A* en *O*, nous descendons, mais en passant de *O* vers *B* nous montons effectivement, puisque nous nous éloignons du centre, notre propre pesanteur étant toujours dirigée vers le centre de la terre ; desorte que si nous tombions, soit en *E* ou en *F*, nous tomberions toujours vers le centre de la terre. Notre antipode en *B*, qui voudroit passer par le trou de *B* en *A*, se trouveroit précisément dans le même cas : depuis *B* jusqu'au centre *O*, il feroit obligé de descendre ; mais depuis *O* jusqu'en *A* il faudroit qu'il montât. Ces consi-

*Tom. I.*

N

dérations nous conduisent à établir sur la gravité ou la pesanteur des corps cette idée : que la gravité ou la pesanteur est une force avec laquelle tous les corps sont poussés vers le centre de la terre. Le même corps qui, étant en *A*, est poussé selon la direction *AO*, lorsqu'il est transporté en *B*, sera poussé par la gravité suivant la direction *BO*, qui est contraire à la première. Par-tout donc c'est sur la direction de la gravité que le langage règle la signification des termes *en bas* ; & *en haut* ; *descendre* ou *monter* : puisque la gravité ou la pesanteur des corps a une influence très-essentielle sur toutes nos opérations & sur nos entreprises, & que même nos propres corps en sont animés, desorte que nous en éprouvons par-tout les effets.

le 29 Août 1760.

---

## LETTR E L.

**V**. A. est maintenant éclaircie sur le grand article, de l'action de la gravité ; savoir, que tous les corps qui se trouvent sur la terre sont poussés par-tout, par leur gravité ou pesanteur, directement vers le centre de la terre, ou perpendiculairement sur la surface de la terre, ce qu'on nomme la direction de la force de la gravité. On a raison de nommer la pesanteur

des corps une *force*, puisque tout ce qui est capable de mettre un corps en mouvement, est appelé *force*. C'est ainsi qu'on attribue une *force* aux chevaux, puisqu'ils peuvent traîner un chatiot; & au courant d'une rivière, ou au vent, puisque par leur moyen les moulins peuvent être mis en mouvement. Il n'y a donc point de doute, que la pesanteur ne soit une *force*, puisqu'elle fait tomber les corps; aussi sentons-nous l'effet de cette *force*, par la pression que nous éprouvons en portant un fardeau. Or dans toute *force* il y a deux choses à considérer: premièrement la direction suivant laquelle elle agit ou pousse les corps, & ensuite la véritable grandeur de chaque *force*. Quant à la pesanteur, nous sommes suffisamment éclaircis sur sa direction, sachant que les corps en sont toujours poussés vers le centre de la terre, ou perpendiculairement à sa surface. Il reste donc à examiner la grandeur de cette *force* qui rend les corps pesans. Cette *force* est toujours déterminée par le poids de chaque corps, & comme les corps diffèrent beaucoup par rapport à leurs poids, ceux qui sont plus pesans sont aussi poussés avec plus de *force* en bas; & le poids de chaque corps est toujours la juste mesure de la *force* avec laquelle il est poussé en bas, c'est-à-dire, de sa pesanteur. On demande si le même corps, transporté dans d'autres lieux de la terre, conserve toujours le même poids? Je parle des corps qui ne perdent rien par éva-

poration ou exhalaison. Par des expériences très-certaines on a été convaincu que le même corps transporté vers l'équateur, devient tant soit peu moins pesant que si on le transportoit vers les poles de la terre. V. A. comprend aisément qu'on ne sauroit découvrir cette différence par la meilleure balance; car les poids dont on se sert pour peser les corps, sont assujettis à la même variation. Ainsi un poids qui pèseroit ici 100 livres, étant transporté sous l'équateur, aura bien encore le nom de 100 livres; mais son effort à tomber sera un peu moindre qu'ici. On a reconnu cette variation par l'effet même de la force de pesanteur, qui est la chute; & on a remarqué que le même corps, sous l'équateur, ne tombe pas si vite qu'ici. Il est donc certain que le même corps, étant transporté à différens lieux de la terre, souffre quelque petit changement dans son poids. Rentrons à présent dans le trou fait à travers de la terre par son centre, & il est clair qu'un corps mis dans le centre même, doit perdre toute sa pesanteur ou son poids; puisqu'il n'auroit plus aucun panchant à se mouvoir, où que, par-tout ailleurs, son panchant est dirigé vers le centre de la terre. Puis donc qu'un corps, n'a plus de poids au centre de la terre, il s'ensuit qu'en descendant à ce centre, son poids sera successivement diminué; d'où l'on conclut qu'un corps, en pénétrant dans les entrailles de la terre, perd de son poids à mesure qu'il approche du cen-

tre. V. A. peut donc comprendre que la pesanteur n'est pas si nécessairement liée avec la nature de chaque corps, qu'il le semble au premier coup-d'œil; puisque non-seulement sa grandeur peut varier, mais aussi sa direction qui, en passant aux antipodes, devient même contraire.

Après avoir fait en idée le voyage jusqu'au centre de la terre, revenons à sa surface, & montons sur les plus hautes montagnes. Nous n'y remarquerons aucun changement sensible dans la pesanteur des corps, quoiqu'on ait des raisons assez fortes pour se persuader que le poids d'un corps devoit diminuer, à mesure qu'on l'éloigne de la terre. En effet on n'a qu'à s'imaginer qu'un corps, étant de plus en plus éloigné de la terre, parvienne enfin jusqu'au soleil, ou jusqu'à quelque étoile fixe, il seroit ridicule de prétendre, que ce corps retomberoit sur la terre, puisqu'elle n'est presque rien par rapport à ces vastes corps célestes. On doit donc conclure de-là, qu'un corps, en s'éloignant de la terre, doit souffrir une diminution dans sa pesanteur, qui deviendra de plus en plus petite, jusqu'à ce qu'enfin elle s'évanouisse tout-à-fait. Cependant il y a des raisons qui nous prouvent, qu'en éloignant un corps jusqu'à la distance de la lune, il auroit encore quelque poids, mais qui seroit environ 3600 fois plus petit, que celui qu'il a sur la terre. Concevons que ce corps pèsât 3600 livres sur la terre, personne cer-

tainement ne feroit capable de le supporter ici ; mais qu'on l'éloigne jusqu'à la distance de la lune, & je m'engage de l'y soutenir avec un doigt ; car il ne pèsera plus là qu'une livre ; & plus loin il pèseroit encore moins. Nous connoissons donc que la gravité est une force qui pousse tous les corps vers le centre de la terre ; que cette force agit le plus vigoureusement à la surface de la terre, & qu'elle diminue lorsqu'on s'éloigne de cette surface, tant en pénétrant en-dedans vers le centre, qu'en montant en haut. J'aurois encore plusieurs choses à dire sur ce sujet à V. A.

le 30 Août 1760.

---

## LETTRE LI.

V. A. vient de voir, qu'un corps étant élevé de la terre jusqu'à la hauteur de la lune, n'y auroit plus que la 3600 partie de son poids, ou bien qu'il y feroit poussé vers le centre de la terre avec une force 3600 fois plus petite que celle qu'il éprouve ici-bas. Cependant cette force suffiroit pour le faire tomber sur la terre, dès qu'il ne feroit plus soutenu. Il est vrai qu'on ne sauroit s'en convaincre par aucune expérience ; nous sommes trop attachés à la terre pour pouvoir nous élever si haut ; il y a cependant un corps à

cette hauteur, c'est la lune; elle devoit donc sentir cet effet de gravité, & cependant nous ne voyons pas qu'elle tombe sur la terre. Je réponds à cela, que si la lune étoit en repos, elle tomberoit infailliblement, mais que le mouvement rapide, qui la porte, l'empêche de tomber. Des expériences peuvent nous convaincre de la solidité de cette réponse. Une pierre lâchée de la main, sans lui imprimer aucun mouvement, tombe d'abord, par une ligne droite, verticale; mais si l'on jette cette pierre en lui imprimant un mouvement à côté, elle ne tombe plus directement en bas, & se meut par une ligne courbe avant que d'atteindre la terre; ce qui aura lieu d'autant plus, qu'on lui aura imprimé plus de vitesse. Un boulet de canon tiré selon une direction horizontale, ne parvient à la terre que fort loin; & si on le tiroit d'une haute montagne il parcourroit peut-être plusieurs milles avant que d'y arriver. Qu'on hausse davantage encore le canon, & qu'on augmente la force de la poudre, & le boulet sera porté beaucoup plus loin. On pourroit pousser la chose si loin, que le boulet ne tomberoit que chez nos antipodes, & en la poussant plus loin encore il pourroit arriver qu'il ne tomberoit plus du tout, mais qu'il retourneroit à l'endroit d'où il a été tiré, & feroit ainsi un nouveau tour du monde; ce seroit une petite lune qui feroit ses révolutions, comme la véritable, autour de la terre. Que V. A. daigne à présent ré-

fléchir sur la grande hauteur de la lune, & sur la prodigieuse vitesse dont elle est portée. Elle ne fera plus surprise que la lune ne tombe pas à terre, quoique poussée par la gravité vers son centre. Une autre réflexion mettra cela dans un plus grand jour. Nous n'avons qu'à bien considérer le chemin que décrivent une pierre jettée obliquement, ou un boulet de canon. C'est toujours une ligne courbe, telle que représente la figure ci-jointe. *Tab. III. fig. 3.*

*A* est le sommet d'une montagne d'où le boulet de canon a été tiré, qui après avoir parcouru le chemin *AEFB*, tombe à terre en *B*, & ce chemin est une ligne courbe. Je remarque donc, que si le boulet n'étoit pas pesant, c'est-à-dire, s'il n'étoit pas poussé vers la terre, il n'y tomberoit pas, quand même on le lâcheroit librement, puisque la pesanteur est la seule cause de sa chute; à plus forte raison, étant tiré en *A*, comme la figure le présente, il ne tomberoit jamais à terre: d'où nous voyons que c'est la pesanteur qui fait tomber le boulet; après lui avoir fait décrire la ligne courbe *AEFB*. Nous apprenons donc par-là, que la pesanteur cause la courbure du chemin *AEFB* que parcourt le boulet; d'où je conclus, que s'il n'y avoit point de pesanteur, le boulet ne décriroit pas une ligne courbe. Mais une ligne qui n'est pas courbe est nécessairement droite; si donc le boulet n'étoit pas poussé vers la terre par



la pesanteur, il iroit par la ligne droite ponctuée *AC*, suivant laquelle il a été tiré. Cela posé, considérons la lune, qui ne se meut assurément pas selon une ligne droite; il faut bien puisqu'elle se tient toujours à-peu-près à la même distance de nous, que son chemin soit courbe, & semblable à-peu-près au cercle qu'on décriroit autour de la terre à la distance de la lune. On est bien en droit de demander, pourquoi la lune ne se meut pas en ligne droite, mais la réponse n'est pas difficile; car voyant que la pesanteur est cause de la courbure du chemin qu'une pierre jetée, ou un boulet de canon tiré, décrivent, il est très-raisonnable de soutenir, que la pesanteur agit aussi sur la lune, en la poussant vers la terre, & que cette même pesanteur cause la courbure de son mouvement. La lune a donc un certain poids, elle est conséquemment poussée vers la terre; mais ce poids est 3600 fois plus petit que si elle se trouvoit à la surface de la terre. Ce n'est pas seulement une conjecture assez probable, on peut assurer même que c'est une vérité démontrée; car en supposant cette pesanteur, on est en état de déterminer, par les principes les plus solidement établis dans les mathématiques, le mouvement que la lune devoit suivre, & qui se trouve exactement d'accord avec son vrai mouvement, ce qui fait la preuve la plus certaine.

*le 1 Septembre 1760.*

## L E T T R E L I I .

LA pesanteur, ou la gravité, est donc une propriété de tous les corps terrestres, dont la lune participe. C'est la pesanteur, par laquelle la lune est poussée vers la terre, qui modère son mouvement, comme la pesanteur modère celui d'un boulet de canon, ou d'une pierre jettée de la main. C'est à Newton que nous sommes redevables de cette découverte importante; cet Anglois aussi grand philosophe, qu'habile mathématicien, se trouvant un jour couché sous un pommier, une pomme tomba sur sa tête, & lui fit faire bien des réflexions. Il conçut bien que c'étoit la pesanteur qui avoit fait tomber la pomme, après qu'elle eut été dégagée de la branche, par le vent ou par quelque autre cause. Cette idée étoit fort naturelle, & tout paysan pouvoit faire la même réflexion; mais le philosophe Anglois alloit plus loin. Il faut, dit-il, que l'arbre ait été fort haut; & c'est ce qui lui fit former la question, si la pomme seroit également tombée en bas, au cas que l'arbre eut été beaucoup plus haut, ce dont il ne pouvoit pas douter.

Mais s'il eut été si haut qu'il parvint jusqu'à la lune, il se trouva fort embarrassé de décider si la pomme tomberoit, ou non? En cas qu'elle tombât, ce qui lui paroissoit pour-

tant fort vraisemblable, puisqu'on ne sauroit concevoir un terme dans la hauteur de l'arbre, où la pomme cessât de tomber, il faudroit alors qu'elle eût encore quelque pesanteur qui la pousât vers la terre; donc, parce que la lune se trouveroit au même endroit, il faudroit qu'elle fut poussée vers la terre par une force semblable à celle de la pomme. Cependant comme la lune ne lui tomba point sur la tête, il comprit que le mouvement pourroit en être la cause, comme une bombe peut passer au-dessus de nous sans tomber verticalement en bas. Cette comparaison du mouvement de la lune avec celui d'une bombe le détermina à examiner la chose plus attentivement, & aidé des secours de la plus sublime géométrie, il trouva que la lune suivoit dans son mouvement les mêmes règles qu'on observe dans celui d'une bombe, & que s'il étoit possible de jeter une bombe à la hauteur de la lune & avec la même vitesse, la bombe auroit le même mouvement que la lune. Il a fait seulement cette différence, que la pesanteur de la bombe, à cette distance de la terre, seroit beaucoup plus petite qu'ici-bas. V. A. verra par ce récit, que le commencement de ce raisonnement du philosophe étoit fort simple, & ne différoit presque pas de celui d'un paysan; mais la suite s'est élevée bien au-dessus de la portée du paysan. C'est donc une propriété fort remarquable de la terre; que non-seulement tous les corps qui se trou-

vent dans la terre, mais ceux qui en sont fort éloignés, jusqu'à la distance même de la lune, ont une force qui les pousse vers le centre de la terre, & cette force est la pesanteur, qui diminue à mesure que les corps s'éloignent de la surface de la terre. Le philosophe Anglois ne s'arrêta pas là : comme il favoit que les corps des planètes sont parfaitement semblables à la terre, il conclut qu'aux environs de chaque planète, les corps qui s'y trouvent, sont pesans, & que la direction de cette pesanteur tend vers le centre de cette planète. Cette pesanteur y feroit peut-être plus ou moins grande que sur la terre, comme un corps d'un certain poids chez nous, transporté à la surface de quelque planète y auroit un poids plus grand ou plus petit. Enfin cette force de gravité de chaque planète s'étend aussi à de grandes distances autour de chacune ; & comme nous voyons que celle de Jupiter a quatre Satellites, & celle de Saturne cinq, qui se meuvent autour d'eux, comme la lune autour de la terre ; on ne sauroit douter que le mouvement des satellites de Jupiter ne soit modéré par leur pesanteur vers le centre de Jupiter, & celui des satellites de Saturne par leur pesanteur vers le centre de Saturne. Ainsi, de la même manière que la lune se meut autour de la terre, & les satellites autour de Jupiter ou de Saturne, toutes les planètes elles-mêmes se meuvent autour du soleil ; d'où le même Newton a tiré cette fa-

meuse conséquence, que le soleil est doué d'une pareille propriété de pesanteur, & que tous les corps qui se trouvent dans ses environs, y sont poussés par une force, qu'on pourroit dire pesanteur solaire. Cette force s'étend fort loin tout autour du soleil, & bien au-delà de toutes les planètes, puisque c'est cette force de pesanteur, qui modère leur mouvement. Ce même philosophe, par la force de son esprit, a trouvé le moyen de déterminer le mouvement des corps, lorsqu'on connoît la force dont ils sont poussés; & puisqu'il avoit découvert les forces dont toutes les planètes sont poussées, il étoit bien en état de donner une juste description de leur mouvement. En effet, avant lui, on se trouvoit dans une ignorance profonde sur le mouvement des corps célestes; & ce n'est qu'à lui que nous sommes redevables des grandes lumières dont nous jouissons à présent en astronomie. V. A. sera bien surprise des grands progrès que toutes les sciences ont tiré d'un commencement qui fut d'abord si simple & si léger. Si Newton ne s'étoit pas couché sous un pommier, & qu'une pomme ne lui fût pas tombée par hasard sur la tête, peut-être nous trouverions-nous dans la même ignorance sur le mouvement des corps célestes, & sur une infinité d'autres phénomènes qui en dépendent. Cette matière mérite donc tout-à-fait l'attention de V. A. & ce sujet mérite bien que nous y revenions encore.

*le 3 Septembre 1760.*

## L E T T R E   L I I I .

**V**. A. ne doute pas que le système de Newton n'ait fait d'abord bien du bruit, & avec raison ; puisqu'une découverte si heureuse, & qui répandoit tant de lumières à la fois dans toutes les sciences, étoit encore à faire. Il a été connu sous plusieurs noms qu'il est bon de connoître, puisqu'on en entend parler assez souvent. On le nomme le système de la gravitation universelle, parce que Newton soutient que non-seulement la terre, mais en général tous les corps célestes sont doués de cette propriété, que tous les corps y sont poussés par une force semblable à la pesanteur ou à la gravité, d'où le mot de gravitation a tiré son origine. Cette force est cependant tout-à-fait invisible, & nous ne voyons rien qui agisse sur les corps & qui les pousse vers la terre, moins encore vers les corps célestes. L'aimant vers lequel le fer & l'acier sont poussés, sans que nous puissions en voir la cause, nous présente un phénomène presque semblable. Quoiqu'on soit assuré à présent, que cela se fait par une matière extrêmement subtile qui traverse les pores de l'aimant & du fer, on peut dire cependant que l'aimant attire le fer, & que le fer en est attiré, pourvu que cette manière de parler n'exclue point la véritable cause. On pourra donc dire aussi, que la terre attire tous les corps

qui font aux environs, même à de fort grandes distances; & on pourra regarder la pesanteur ou la gravité des corps comme l'effet de l'attraction de la terre, qui agit même sur la lune. De plus le soleil & toutes les planètes sont doués d'une semblable vertu d'attraction, par laquelle tous les corps y sont attirés. Suivant cette manière de parler, on dit, que le soleil attire les planètes, & que Jupiter & Saturne attirent leurs satellites. De-là le système de Newton est aussi nommé système de l'attraction. Comme il n'y a point de doute que les corps qui se trouvent fort près de la lune n'y soient aussi poussés par une force semblable à la pesanteur, on pourra dire que la lune attire aussi les corps voisins; & peut-être cette attraction de la lune s'étend-elle jusqu'à la terre, quoiqu'elle soit sûrement fort foible, tout comme nous avons vu que l'attraction de la terre sur la lune est très considérablement affoiblie. Or le même philosophe a mis cela hors de doute, en faisant voir que le flux & le reflux de la mer, dont j'aurai occasion de parler une autre fois, sont causés par l'attraction de la lune sur les eaux de la mer. On ne sauroit donc plus douter, que les planètes de Jupiter & de Saturne ne soient réciproquement attirées par leurs satellites, & que le soleil même ne soit assujetti à l'attraction des planètes, quoique cette force soit extrêmement petite. C'est l'origine du système de l'attraction générale, où l'on sou-

tient avec raison que, non-seulement le soleil attire les planètes, mais qu'il est réciproquement attiré par chacune; & que même toutes les planètes exercent leur force attractive les unes sur les autres. Donc la terre n'est pas attirée par le soleil seulement, mais par toutes les autres planètes, quoique leur force soit presque insensible en comparaison de celle du soleil. V. A. comprendra aisément que le mouvement d'une planète, qui est attirée non-seulement par le soleil, mais tant soit peu par les autres planètes, doit être un peu différent de celui qu'elle auroit si elle n'étoit attirée que par le soleil, & conséquemment que les attractions des autres planètes doivent y causer quelque petit dérangement. Aussi ces dérangemens sont-ils vérifiés par l'expérience; ce qui a porté le système de l'attraction universelle au plus haut degré de certitude, & que personne ne sauroit plus douter de sa vérité. Je dois aussi remarquer, que les comètes sont soumises à cette loi, qu'elles sont principalement attirées par le soleil, dont la force attractive modère leur mouvement, mais qu'elles éprouvent aussi les forces attractives de toutes les planètes, sur-tout quand elles n'en sont pas très-éloignées: c'est une règle générale, comme nous le verrons dans la suite, que l'attraction de tous les corps célestes diminue dans l'éloignement, & augmente dans la proximité. Or les comètes sont aussi douées d'une attraction, dont les autres corps sont attirés vers elles,



elles, & d'autant plus sensiblement qu'ils en approchent davantage. Lors donc que quelque comète passe assez près d'une planète, sa force attractive peut en déranger le mouvement, comme celui de la comète est un peu troublé par l'attraction de la planète. Ces conséquences sont vérifiées par les observations, & on peut alléguer quelques exemples, qui prouvent que le mouvement d'une comète a été dérangé par l'attraction des planètes, par le voisinage desquelles elle a passé, & que le mouvement de la terre & des autres planètes a déjà souffert quelqu'attraction de la part des comètes. Les étoiles fixes étant des corps semblables au soleil, seront aussi douées de force attractive, mais nous n'en sentons aucun effet à cause de leur prodigieuse distance.

*le 5 Septembre 1760.*

---

## LETTRE LIV.

IL est donc constaté par les raisons les plus solides, qu'il règne une gravitation générale dans tous les corps célestes, par laquelle ils sont poussés ou attirés les uns vers les autres; & que cette force est d'autant plus grande, qu'ils sont plus proches entr'eux. Ce fait ne sauroit être contesté, mais on dispute s'il faut

*Tom. I.*

O

l'appeller *impulsion* ou *attraction* ? Quoique le nom ne change rien à la chose : V. A. fait que, soit qu'on pousse un chariot par derrière ou qu'on le tire par devant l'effet est le même : ainsi l'astronome uniquement attentif à l'effet de cette force, s'embarasse peu si les corps célestes sont poussés les uns vers les autres, ou s'ils s'attirent mutuellement, comme celui qui n'examine que les phénomènes ne se met pas en peine si la terre attire les corps, ou si les corps y sont poussés par quelque cause invisible. Mais si l'on veut pénétrer dans les mystères de la nature, il est très-important de savoir si c'est par impulsion ou par attraction que les corps célestes agissent les uns sur les autres ; si c'est quelque matière subtile & invisible qui agit sur les corps & qui les pousse les uns vers les autres, ou s'ils sont donés d'une qualité cachée & occulte, par laquelle ils s'attirent mutuellement ? Les philosophes sont fort partagés là-dessus ; ceux qui sont pour l'impulsion, se nomment *impulsionnaires* ; & les partisans de l'attraction, *attractionnistes*. Mr. Newton inclinoit beaucoup pour l'attraction, & tous les Anglois sont aujourd'hui attractionnistes fort zélés. Ils conviennent bien, qu'il n'y a ni cordes, ni aucune des machines dont on se sert ordinairement pour tirer, dont la terre puisse se servir pour attirer les corps à soi, & leur donner la pesanteur ; encore moins découvrent-ils quelque chose entre le soleil & la terre, dont on pui-

se croire que le soleil se serve pour attirer la terre. Si l'on voyoit un chariot suivre les chevaux, sans qu'ils y fussent attelés, & sans qu'on vit ni corde ni autre chose propre à entretenir quelque communication entre le chariot & les chevaux, on ne diroit pas que le chariot fût tiré par les chevaux; on seroit plutôt porté à croire, que le chariot seroit poussé par quelque force, invisible, ou qu'il y auroit du sortilège. Cependant Mrs. les Anglois n'abandonnent pas leur sentiment. Ils soutiennent que la qualité de s'attirer mutuellement est propre à tous les corps, qu'elle leur est aussi naturelle que l'étendue, & qu'il suffit que le créateur ait voulu que tous les corps s'attirassent mutuellement, pour que la question soit résolue. S'il n'y avoit eu que deux corps au monde; quelque éloignés qu'ils fussent l'un de l'autre, il y auroit eu d'abord une tendance de l'un vers l'autre, par laquelle ils se feroient bientôt rapprochés & réunis. Il suit de-là que plus un corps est grand, plus son attraction sur les corps est considérable; car puisque cette qualité est essentielle à la matière, plus un corps en contient, plus il exerce de force d'attraction sur les autres corps. Puis donc que le soleil surpasse considérablement en grandeur toutes les planètes, sa force attractive doit être beaucoup plus grande que celle des planètes. Ils remarquent aussi que le corps de Jupiter étant beaucoup plus grand que la terre, la force attractive qu'il exerce

sur les satellites est beaucoup plus grande que celle dont la terre agit sur la lune. Suivant ce système, la pesanteur des corps sur la terre est le résultat de toutes les attractions dont ils sont attirés à toutes les parties de la terre; & si elle renfermoit plus de matière qu'elle n'en a actuellement, son attraction deviendroit plus grande, & la pesanteur ou le poids des corps seroit augmenté. Mais si au contraire, par quelque accident, la terre perdoit une partie de sa matière, son attraction diminueroit ainsi que la pesanteur de tous les corps. On reproche à ces philosophes que, selon leur sentiment, deux corps quelconques posés, par exemple, sur une table, devroient s'attirer & conséquemment s'approcher: ils accordent la conséquence, mais ils disent que, dans ce cas, l'attraction seroit trop petite, pour qu'il en pût résulter un effet sensible: car si toute la masse de la terre, par sa force attractive, ne produit dans chaque corps que sa pesanteur ou son poids, un corps qui est plusieurs millions de fois plus petit que toute la terre, produira un effet autant de fois plus petit. On conviendra aisément que si le poids d'un corps devenoit plusieurs millions de fois plus petit, l'effet devroit en être réduit à rien: l'attraction ne sauroit donc être sensible que pour un corps excessivement grand. On ne gagne donc rien de ce côté contre les attractionnistes, qui allèguent même en leur faveur une expérience faite par les académiciens de

Paris en Amérique, où l'on a observé, près d'une très-haute & grande montagne, l'effet d'une petite attraction, dont le corps de la montagne a attiré les corps voisins. Ainsi en embrassant le système des attractionistes on n'a pas à craindre qu'il nous conduise à de fausses conséquences: on peut plutôt être assuré d'avance de leur vérité.

le 7 Septembre 1760.

---

## LETTRE LV.

V. A. connoît la propriété qu'a l'aimant d'attirer le fer, puisque nous voyons que de petits morceaux de fer ou d'acier, comme des éguilles, placés dans le voisinage d'un aimant y sont entraînés avec une force d'autant plus grande, qu'ils sont plus proches. Comme on ne voit rien, qui les pousse vers l'aimant, on dit que l'aimant les attire, & l'action même, se nomme *attraction*. On ne sauroit douter cependant qu'il n'y ait quelque matière très-subtile, quoiqu'invisible, qui produise cet effet, en poussant effectivement le fer vers l'aimant; mais comme le langage se règle sur les apparences, l'usage de dire que l'aimant attire le fer, & qu'il s'y fait une attraction, a prévalu. Quoique ce phénomène soit particulier à l'aimant & au fer, il est très-propre à

éclaircir le terme d'attraction, dont les philosophes modernes se servent si fréquemment. Ils disent donc, qu'une propriété semblable à celle de l'aimant, convient à tous les corps en général, & qu'ils s'attirent tous mutuellement, mais que cet effet ne devient sensible, que lorsque les corps sont extrêmement grands, & reste absolument insensible dans les petits. Quelque grande, par exemple, que soit une pierre, elle n'exerce aucune attraction sur d'autres corps qu'on lui présente, parce que sa force est trop petite pour rendre l'attraction sensible; mais si l'on augmentoit la pierre jusqu'à la faire devenir plusieurs milliers de fois plus grande, l'attraction en deviendrait enfin sensible. J'ai déjà fait remarquer à V. A. qu'on prétend avoir effectivement observé qu'une grande montagne de l'Amérique avoit produit une légère attraction. Une montagne plus grande produiroit donc une attraction plus sensible encore; & un corps beaucoup plus grand, tel que la terre entière, attireroit avec une force d'autant plus grande. Or cette force, dont la terre toute entière attireroit tous les corps à foi, est précisément la gravité, par laquelle nous voyons qu'ils sont effectivement portés vers la terre. Donc suivant ce système, la gravité ou pesanteur, qui fait tomber tous les corps en-bas, n'est autre chose que l'effet de la terre toute entière, par laquelle elle les attire tous à foi. Si le corps de la terre étoit plus grand ou plus petit, la

gravité ou la pesanteur des corps seroit aussi plus grande ou plus petite. D'où l'on comprend que tous les autres grands corps de l'univers, comme le soleil, les planètes & la lune, sont doués d'une force attractive semblable, mais plus ou moins grande, suivant qu'ils le sont eux-mêmes plus ou moins. Comme le soleil est plusieurs milliers de fois plus grand que la terre, sa force attractive surpasse autant de fois celle de la terre. On estime que le corps de la lune est environ 40 fois plus petit que celui de la terre, d'où résulte que sa force attractive est d'autant de fois plus petite; & il en est de même de tous les corps célestes.

*le 9 Septembre 1760.*

---

## LETTRE LVI.

EN vertu du système de l'attraction ou de la gravitation universelle, chaque corps céleste attire tous les autres, & en est réciproquement attiré. Pour juger de la force avec laquelle ces corps attirent les autres, nous n'avons qu'à considérer deux corps qui s'attirent mutuellement. Il faut pour lors avoir égard à trois choses, d'abord au corps attirant, ensuite au corps attiré, & enfin à leur distance.

puisque la force d'attraction dépend de ces trois points.

Soit *Tab. III. fig. 4.* *A* le corps attirant, & *B* le corps attiré; l'un & l'autre sphériques, les corps célestes ayant à-peu-près cette figure. Leur distance alors est estimée par celle de leurs centres *A* & *B*, c'est-à-dire, par la ligne droite *AB*. Maintenant pour le premier point, qui regarde la quantité du corps attirant *A*, il faut remarquer que plus ce corps est grand, plus aussi sa force sera grande pour attirer le corps *B*. Si donc le corps attirant *A* étoit deux fois plus grand, le corps *B* en feroit attiré par une force double; s'il l'étoit trois fois, par une force triple, & ainsi de suite, supposé que la distance de leurs centres fût toujours la même. Donc, si la terre renfermoit plus ou moins de matière qu'elle n'en contient actuellement, tous les corps y feroient attirés avec d'autant plus ou moins de force, ou leur poids feroit d'autant plus ou moins grand. Et comme toute la terre est attirée par le soleil, s'il étoit plus ou moins grand, elle y feroit attirée avec d'autant plus ou moins de force. Quant au corps *B* attiré, le corps attirant *A* & la distance *AB* demeurant les mêmes, il est à remarquer, que plus le corps *B* est grand ou petit, plus aussi la force par laquelle il est attiré vers le corps *A*, sera grande ou petite. Ainsi, si le corps *B* est deux fois plus grand, il sera attiré au corps *A* avec une force double; s'il est trois



fois plus grand, il le fera avec une force triple, & ainsi de suite. Pour mieux éclaircir la chose, nous n'avons qu'à mettre la terre au lieu du corps attirant  $A$ , & la force dont le corps  $B$  est attiré, n'est autre chose que le poids du corps  $B$ : or nous savons, que plus ce corps  $B$  est grand ou petit, plus aussi son poids est grand ou petit: d'où nous voyons, que tant que le corps attirant  $A$ , & la distance  $AB$ , demeurent les mêmes, la force dont le corps  $B$  est attiré, suit précisément la grandeur de ce corps. Pour exprimer cette circonstance, on se sert dans les mathématiques du terme *proportionel*, & l'on dit, que la force dont le corps  $B$  est attiré au corps  $A$ , est proportionnelle à la masse du corps  $B$ : ce qui signifie, que si la masse du corps  $B$  étoit deux, trois ou quatre fois plus grande, la force seroit précisément autant de fois plus grande. Ainsi sur le premier point, où l'on regarde le corps attirant  $A$ , on dit, que la force dont le corps  $B$  est attiré au corps  $A$ , est proportionnelle à la masse du corps  $A$ , pendant que le corps  $B$  avec la distance  $AB$  demeurent les mêmes. Je dois encore observer que, quand on parle ici de la quantité du corps attirant  $A$ , ou du corps attiré  $B$ , on entend la quantité de matière que l'un ou l'autre renferme, & non leur seule étendue. V. A. se souviendra bien, que les corps diffèrent considérablement à cet égard, & qu'il y en a qui, sous une petite étendue, renferment beaucoup de

matière, comme l'or, par exemple, pendant que d'autres, comme l'air, en renferment fort peu sous une grande étendue. Quand il s'agit donc ici des corps, il faut toujours en juger par la quantité de leur matière, qu'on nomme aussi leur masse. Il ne me reste plus qu'à examiner le troisième point, c'est-à-dire, la distance  $AB$  des deux corps, en supposant qu'ils demeurent les mêmes. Il faut observer sur cela, qu'en augmentant la distance  $AB$  l'attraction diminue, & qu'en la diminuant l'attraction augmente, mais suivant une règle qu'il n'est pas facile d'exprimer. Lorsque la distance devient deux fois plus grande, la force dont le corps  $B$  est attiré vers le corps  $A$ , sera deux fois deux ou quatre fois plus petite; & pour une distance triple la force d'attraction devient 3 fois 3, c'est-à-dire, 9 fois plus petite. Si la distance devient 4 fois plus grande, la force d'attraction devient 4 fois 4, ou 16 fois plus petite, & ainsi de suite. Pour une distance 100 fois plus grande, la force d'attraction sera donc 100 fois 100 ou 10000 fois plus petite. D'où l'on voit que pour de très-grandes distances la force d'attraction doit enfin devenir tout-à-fait insensible. Et réciproquement, lorsque la distance  $AB$  est très-petite, la force d'attraction peut être très considérable, quoique les corps soient assez petits.

*le 11 Septembre 1760.*

## L E T T R E   L V I I .

**J**E viens de faire voir que lorsqu'un corps *B* est attiré par un autre corps *A*, la force d'attraction est proportionnelle à la masse du corps attirant *A*, & à celle du corps attiré *B*; mais cette force d'attraction dépend tellement de la distance de ces corps, que si elle devenoit deux, 3, 4, ou 5 fois plus grande, la force d'attraction deviendrait quatre, 9, 16, ou 25 fois plus petite. Pour établir quelque règle là-dessus, il faut multiplier par lui-même le nombre qui marque combien de fois la distance est augmentée, & le produit montrera de combien l'attraction devient plus petite. Pour mettre cette règle dans tout son jour, il faut observer que, lorsqu'on multiplie un nombre par lui-même, on nomme le produit, qui en résulte, son *quarré*: ainsi pour trouver ces quarrés, il faut multiplier les nombres par eux-mêmes comme suit.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
multipl. par	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
quarré	1	4	9	16	25	36	49	64	81	100

	11		12
mult. par	11	mult. par	12
	<hr/>		<hr/>
	11		24
	11		12
	<hr/>		<hr/>
quarré	121	quarré	144

Il est clair par ce dernier exemple, que le quarré du nombre 12 est 144; & si l'on veut favoir le quarré d'un autre nombre quelconque, comme de 258 il faut multiplier ce nombre par lui-même; & on fera l'opération suivante

$$\begin{array}{r}
 258 \\
 258 \\
 \hline
 2064 \\
 1290 \\
 516 \\
 \hline
 66564
 \end{array}$$

d'où l'on voit que le quarré de ce nombre 258 est 66564. On opérera de même pour tous les autres nombres.

Puis donc qu'il faut multiplier la distance des corps par elle-même, il est clair que la force d'attraction diminue d'autant que le quarré de la distance augmente, ou que le quarré

de la distance devient autant de fois plus grand que la force d'attraction diminue. En traitant ces sortes de sujets, les mathématiciens emploient pour se faire entendre, certains termes qu'il est bon d'expliquer, parce qu'on s'en sert quelquefois dans la conversation. Si la force de l'attraction augmentoit en raison du carré de la distance, on la diroit proportionnelle au carré de la distance ; mais puisqu'il arrive précisément le contraire, & que la force d'attraction diminue pendant que le carré de la distance augmente, on emploie le mot *réciroquement*, pour marquer cette contrariété, en disant, que la force est *réciroquement* proportionnelle au carré de la distance. C'est une manière de parler géométrique, dont V. A. comprendra parfaitement le sens, qui est le même que je viens d'exposer. Pour juger de la force dont un corps est attiré vers un autre, on n'a donc qu'à remarquer, que cette force est *premièrement* proportionnelle à la masse du corps attirant, ensuite à celle du corps attiré, & enfin *réciroquement* au carré de leur distance. De-là il est d'abord clair que, quoique la terre & les planètes soient aussi attirées vers les étoiles fixes, cette force doit être absolument insensible, à cause de leur distance prodigieuse. En effet, en supposant la masse d'une étoile fixe égale à celle du soleil, à distances égales, la terre y feroit attirée avec autant de force que vers le soleil ; mais puisque la distance de l'étoile fixe est 400000

fois plus grande que celle du soleil, le carré de ce nombre étant de 160,000,000,000 ou cent soixante mille millions, la force dont la terre est attirée à cette étoile fixe fera cent soixante millions de fois plus petite que celle dont elle est attirée par le soleil, ce qui seroit une attraction trop petite, pour produire le moindre effet sensible. Par cette raison la force attractive des étoiles fixes ne change rien dans le mouvement de la terre, des planètes & de la lune; mais c'est la force attractive du soleil, qui règle principalement le mouvement de la terre & des planètes, puisque la masse du soleil surpasse plusieurs milliers de fois la masse de chaque planète. Cependant quand deux planètes s'approchent, en sorte que leur distance devient plus petite que celle du soleil, leur force attractive en est augmentée, & pourroit devenir assez sensible, pour troubler leur mouvement. On s'apperçoit en effet de ce dérangement, ce qui fait une preuve très-forte en faveur du système d'attraction ou de gravitation universelle; ainsi quand une comète approche beaucoup d'une planète, elle peut bien en altérer le mouvement.

le 13 Septembre 1760.

## L E T T R E L V I I I .

V. A. comprendra facilement par ce que je viens de dire sur la force , avec laquelle tous les corps célestes sont attirés vers les autres en raison de leur grandeur ou masse , & de leur distance , comment on peut déterminer leur mouvement , pour assigner en tout tems le véritable lieu où se trouvera chaque corps. C'est en quoi consiste la science de l'astronomie , qui dépend de l'exacte connoissance du mouvement des corps célestes , afin d'être en état de déterminer pour chaque moment , tant passé qu'avenir , l'endroit où chaque corps céleste doit se trouver , & en quel lieu du ciel il doit paroître , étant vu de la terre ou d'un autre lieu quelconque du monde. La science qui traite du mouvement en général , est nommée mécanique ou dynamique. Son objet est de déterminer le mouvement des corps quelconques , lorsqu'ils sont poussés par telles forces que ce soit. Cette science est une des principales parties des mathématiques , & ceux qui s'y appliquent font tous leurs efforts pour porter la mécanique à son plus haut degré de perfection. Leurs recherches sont cependant si profondes , qu'on ne peut pas se vanter encore d'y avoir réussi , & qu'il faut se contenter d'y avancer peu-à-peu. Ce n'est que depuis dix ou vingt ans , qu'on y fait des progrès

assez grands, & c'est principalement sur de pareils sujets, que l'académie des sciences de Paris propose tous les ans des questions, auxquelles sont attachés des prix de valeur pour ceux qui réussissent le mieux. La plus grande difficulté consiste dans la pluralité des forces dont chaque corps céleste est poussé ou attiré vers tous les autres. Si chaque corps n'étoit attiré que vers un seul autre corps, la chose n'auroit aucune difficulté, & le grand mathématicien Anglois, Newton, mort en 1728 avoit, le premier, heureusement déterminé le mouvement de deux corps qui s'attirent mutuellement; selon la loi dont j'ai eu l'honneur de parler à V. A. Suivant cette loi, si la terre n'étoit attirée que vers le soleil seul, on connoitroit parfaitement bien le mouvement de la terre: & il n'y auroit plus aucune autre recherche à faire. Il en seroit de même des autres planètes, de Saturne, de Jupiter, de Mars, de Venus, de Mercure, si les corps n'étoient attirés que par le soleil. Mais la terre étant attirée non-seulement par lui, mais par tous les autres corps célestes, la question devient infiniment plus compliquée & plus difficile, à cause de la pluralité des forces dont elle est agitée. Heureusement, cependant, on peut négliger les forces dont elle est attirée vers les étoiles fixes, puisque, quelques grandes que soient leurs masses, elles sont si prodigieusement éloignées, que les forces, qu'elles exercent sur la terre, sont si petites, qu'on peut les



les laisser de côté. Le mouvement de la terre & des autres planètes fera donc toujours aussi parfaitement le même, que si les étoiles fixes n'existoient point. Outre la force du soleil, on n'a donc qu'à considérer les forces avec lesquelles les planètes s'attirent réciproquement. Or ces forces sont de même extrêmement petites, en les comparant avec celles dont chaque planète est attirée vers le soleil; parce que la masse du soleil surpasse tant de fois celle de chaque planète, qu'il n'en résulte qu'une force très-petite, en comparaison de celle du soleil. Cependant, puisque ces forces augmentent lorsque les distances diminuent, en sorte qu'une force 4 fois plus grande répond à une distance 2 fois plus petite, qu'une force 9 fois plus petite répond à une distance 3 fois plus grande, & ainsi de suite selon les quarrés des nombres, comme je l'ai expliqué dans ma lettre précédente, il seroit bien possible que deux planètes s'approchassent si près, que leur force attractive devint égale à celle du soleil, & la surpassât même beaucoup. Heureusement ce cas n'arrive pas dans ce monde, & les planètes restent toujours si éloignées les unes des autres, que leur force attractive est toujours incomparablement plus petite, que celle dont elles sont attirées vers le soleil. C'est pourquoi, sans porter nos vues au-delà de ces connoissances, on peut envisager chaque planète comme n'étant attirée que par la seule force du soleil, & de-là il est aisé de déterminer son mouvement.

Ce qui ne peut cependant avoir lieu, que quand on se contente d'une connoissance superficielle du mouvement des planètes; car si l'on veut être instruit plus exactement, il faut avoir égard à ces petites forces dont les planètes agissent les unes sur les autres, d'où résultent effectivement de petites irrégularités, & des aberrations, dont les astronomes ne s'apperçoivent que trop dans leurs observations: & c'est pour bien connoître toutes ces irrégularités dans le mouvement des planètes, qu'eux-mêmes, ainsi que les mécaniciens, réunissent toutes leurs forces & leur adresse.

le 15 Septembre 1760.

---

## LET TRE LIX.

P OUR mieux éclaircir ce que je viens d'exposer sur le mouvement des corps célestes, & sur les forces qui en sont cause, il est bon de présenter *Tab. IV. fig. 1.* à V. A. le système du monde, ou une description des corps célestes qui le composent. Il faut d'abord observer que les étoiles fixes sont des corps entièrement semblables au soleil, & lumineux d'eux-mêmes, éloignés du soleil & entr'eux par des distances prodigieuses, & dont chacun peut être de la même grandeur que le soleil. J'ai déjà eu l'honneur de dire à V. A. que l'étoile fixe la plus

proche de nous, en est au moins 400,000 fois plus éloignée que le soleil. Chaque étoile fixe semble être destinée à échauffer & éclairer un certain nombre de corps opaques, semblables à notre terre, & sans-doute aussi habités qui se trouvent dans son voisinage, mais que nous ne voyons point à cause de leur prodigieux éloignement. Quoiqu'on ne puisse pas s'en assurer par des observations, on l'infère néanmoins de leur ressemblance avec le soleil, qui sert à échauffer & éclairer notre terre, & même encore quelques autres corps semblables, qu'on nomme planètes. On connoît particulièrement six de ces corps échauffés & éclairés par le soleil; ils ne sont pas en repos, mais chacun d'eux se meut autour du soleil par une route qui diffère peu d'un cercle, & cette route se nomme l'orbite de chaque planète. Le soleil lui-même est à-peu-près en repos, ainsi que toutes les étoiles fixes, le mouvement que nous voyons en eux n'étant qu'apparent, & causé par le mouvement de la terre. J'ai donc représenté sur la feuille ci-jointe ce qu'on nomme le système solaire, qui renferme tous les corps opaques qui se meuvent autour du soleil, & qui jouissent des avantages qu'il nous procure. La grande tache que j'ai mis vers le milieu avec le signe  $\odot$  représente le soleil en repos. Autour de lui sont six cercles qui marquent les orbites ou les routes, par lesquelles les planètes se meuvent autour du soleil. La planète la plus voisine du soleil est Mercure,

marqué par le signe ☿, & la petite tache qui s'y trouve représente le corps de Mercure, qui achève son tour par son orbite autour du soleil environ en 88 jours. Vient ensuite Vénus, marquée par ♀, qui achève ses révolutions autour du soleil en 7 mois à-peu-près. Le troisième cercle est notre terre, qui porte le signe ♂, & qui achève ses révolutions autour du soleil dans un an, une année n'étant autre chose, que le tems que la terre emploie à parcourir son cercle autour du soleil. Mais pendant que la terre se meut autour du soleil, un autre corps se meut lui-même autour de la terre, en la suivant dans son orbite, c'est la lune, dont le cercle ou orbite est représentée dans la figure D. Les deux premières planètes ☿ & ♀ n'ont visiblement point de corps qui les accompagne, non plus que Mars ♂, qui est la quatrième, & qui parcourt son orbite autour du soleil en 2 ans environ. Le cinquième cercle est celui de Jupiter ♃, qui fait sa révolution en douze ans à-peu-près. Autour de lui se meuvent quatre satellites représentés dans la figure, avec leurs orbites, par les nombres 1. 2. 3. 4. Enfin le sixième & dernier cercle est l'orbite de Saturne ♄, qui met presque 30 ans dans sa révolution autour du soleil. Cette planète est accompagnée dans son cours des cinq satellites marqués par les nombres 1. 2. 3. 4. 5. C'est ainsi que le système du soleil renferme six planètes principales, Mercure ☿, Vénus ♀, la Terre ♂, Mars ♂,

Jupiter ♃, Saturne ♄, & dix fatellites, savoir, la lune, quatre fatellites de Jupiter, & cinq de Saturne. Ce système contient encore plusieurs comètes, dont le nombre est inconnu. La figure en représente une, dont l'orbite diffère de celle des planètes, parce qu'elle est extrêmement allongée, desorte qu'une comète s'approche tantôt beaucoup du soleil, & tantôt s'en éloigne jusqu'à nous devenir tout-à-fait invisible. Parmi les comètes on a remarqué une qui achève ses révolutions dans son orbite en 75 ans environ, & c'est celle qu'on a vu l'année dernière. Pour les autres comètes, il est certain qu'elles mettent plusieurs siècles à parcourir leurs orbites; & comme dans les siècles passés on ne les a pas exactement observées, on ne fait rien de leur retour. Voilà donc en quoi consiste le système du soleil, & il est très-probable que chaque étoile fixe en ait un semblable.

*le 17 Septembre 1760.*

---

## LE T T R E L X.

**O**UTRE ce que j'ai dit à V. A. sur le système solaire, je dois lui communiquer quelques observations pour l'explication des figures. Il faut remarquer d'abord, que les lignes qui marquent les routes que parcourent les planè-

tes, en vertu de leur mouvement, n'ont aucune réalité dans les cieux, puisque tout l'espace du ciel, par lequel les corps célestes se meuvent, est vuide, ou plutôt rempli de cette matière subtile qu'on nomme l'éther, dont j'ai eu l'honneur de parler fort amplement à V. A. Ensuite les orbites des planètes n'existent pas toutes dans un même plan, comme la figure les présente; mais si l'orbite de la terre avec le soleil est bien représenté sur le papier, il faut s'imaginer que les orbites des cinq autres planètes sont en partie élevées sur le papier & en partie déprimées au-dessous, ou que l'orbite de chaque planète y est couchée obliquement, faisant avec le papier une intersection, sous un certain angle, qu'il est impossible de représenter dans une figure dessinée sur le papier.

Outre cela, les orbites des planètes ne sont pas des cercles, comme la figure paroît l'indiquer, mais plutôt d'une figure un peu ovale, l'une plus, l'autre moins; cependant aucune ne diffère considérablement d'un cercle. L'orbite de Venus est presque un cercle parfait, mais celle des autres planètes est plus ou moins ovale, de sorte que ces planètes sont tantôt plus près du soleil & tantôt plus éloignées. Les orbites des comètes se distinguent parce qu'elles sont extrêmement ovales ou allongées, comme je l'ai marqué dans la figure. Quant à la lune & aux satellites de Saturne & de Jupiter, leurs orbites sont aussi presque circulaires. Il ne faut pas non plus les concevoir comme étant cou-

chées ainsi qu'elles le sont sur le plan du papier; car elles ne demeurent pas au même endroit, mais elles sont emportées elles-mêmes autour du soleil avec la planète principale à laquelle elles appartiennent. C'est ainsi qu'il faut entendre les lignes représentées dans la figure. L'imagination doit suppléer à ce qu'il est impossible de bien représenter sur le papier. V. A. comprendra aisément par-là ce que feu Mr. de Fontenelle a voulu dire dans son livre sur la pluralité des mondes. On nomme quelquefois monde la terre toute entière avec ses habitans, & chaque planète, & même chacun des satellites, mérite ce nom avec autant de droit, puisqu'il est plus que vraisemblable, que chacun de ces corps a des habitans comme la terre. Il y auroit donc seize mondes dans le seul système du soleil. Et chaque étoile fixe étant un soleil autour duquel un certain nombre de planètes achèvent leur révolution, & dont quelques-unes ont sans-doute leurs satellites, nous avons presque une infinité de mondes semblables à notre terre, attendu que le nombre des étoiles, vues de nos yeux simples, surpasse quelques milliers, & que les lunettes nous en découvrent encore un nombre incomparablement plus grand. Veut-on comprendre sous le nom de monde le soleil avec les planètes & les satellites qui leur appartiennent, & qui en reçoivent leur chaleur & leur lumière, on aura autant de mondes qu'il y a d'étoiles fixes. Mais si sous le nom de monde on entend la

terre avec tous les corps célestes , ou tous les êtres créés à la fois , il faut faire attention qu'il ne sauroit y avoir qu'un seul monde , auquel on rapporte tout ce qui existe. C'est dans ce sens qu'on prend le terme de monde en philosophie , & en particulier dans la métaphysique , où c'est un dogme , ou une vérité fondamentale , qu'il n'y a qu'un seul monde , assemblage de tous les êtres créés , tant passés , que présens & futurs. Si Mr. de Fontenelle avoit voulu soutenir dans ce sens la pluralité des mondes , il auroit certainement été dans l'erreur.

Cependant , quand les philosophes disputent entr'eux si notre monde est le meilleur ou non , ils supposent sans-doute une pluralité de mondes , & plusieurs soutiennent que celui qui existe est le meilleur entre tous les autres qui auroient pu exister. Ils se représentent Dieu comme un architecte , qui ayant voulu créer ce monde , s'est proposé plusieurs plans différens entr'eux , parmi lesquels il a choisi le meilleur , ou celui dans lequel les perfections étoient toutes réunies au plus haut degré ; & qu'il a créé celui-ci préférablement à tous les autres. Ce sentiment paroît confirmé par l'histoire de la création , où il est dit expressément que tout étoit parfaitement bien. Mais le grand nombre des maux qui se trouvent dans ce monde , & qui tirent leur origine de la méchanceté des hommes , cause ici un doute fort important , savoir , s'il n'auroit pas été possible de créer un monde tout-à-fait exempt de ces



maux. Suivant moi il faut bien distinguer entre les plans d'un monde qui ne contient que des êtres corporels, & ceux d'un autre monde qui contient des êtres intelligens & libres. Dans le premier cas, le choix du meilleur seroit sans difficulté, mais dans l'autre, où les êtres intelligens & libres font la principale partie du monde, le jugement du meilleur surpasse infiniment notre portée, & la méchanceté même des êtres libres peut contribuer à la perfection du monde d'une manière inconcevable pour nous.

Il paroît que les philosophes n'ont pas fait assez d'attention à cette distinction si essentielle; mais je sens trop mon incapacité pour vouloir entrer dans une question si importante.

*le 19 Septembre 1760.*

---

## LETTRE LXI.

**P**OUR déterminer le mouvement des corps qui composent le système solaire, il faut distinguer les planètes principales, qui sont Mercure, Vénus, la Terre, Mars, Jupiter & Saturne, de leurs satellites, c'est-à-dire, de la lune, des quatre satellites de Jupiter, & des cinq de Saturne. J'ai déjà eu l'honneur de faire remarquer à V. A. que ces six planètes sont principalement attirées vers le soleil, ou que la

force avec laquelle elles sont poussées vers lui, est incomparablement plus grande que les forces dont elles s'attirent mutuellement. La raison en est la prodigieuse masse du soleil, & que les planètes ne s'approchent jamais tant entr'elles, que leur force mutuelle puisse devenir considérable en comparaison de celle du soleil. Si les étoiles étoient uniquement attirées vers le soleil, leur mouvement seroit assez regulier, & fort aisé à déterminer.

Mais les petites forces dont les planètes agissent les unes sur les autres y causent quelques petites irrégularités, que les astronomes s'occupent à découvrir par les observations, comme les mécaniciens à leur tour s'occupent à les déterminer par les principes du mouvement. Il s'agit toujours ici de cette grande question : Les forces qui agissent sur un corps étant connues, quel sera le mouvement de ce corps ? Or par les principes exposés ci-dessus, on connoît les forces à l'action desquelles chaque planète est assujettie. Ainsi le mouvement de la terre est un peu dérangé 1°. par l'attraction de Vénus, qui s'approche quelquefois beaucoup de la terre, & 2°. par celle de Jupiter, qui, à cause de sa grandeur devient considérable, quoiqu'elle soit toujours fort éloignée. La masse de Mars est trop petite pour y produire un effet sensible, nonobstant la proximité où il se trouve quelquefois ; & Saturne, quoique sa masse soit la plus grande après celle de Jupiter, est trop éloigné. La lune, quoique très-petite,

cause quelque dérangement, à cause de sa proximité. La comète de l'année dernière a été sept fois plus proche de nous que le soleil, lorsque sa distance étoit la plus petite, il est donc assez vraisemblable que cette comète peut avoir dérangé le mouvement de la terre; surtout si sa masse étoit considérable, ce que nous ne savons pas. Si cette comète étoit aussi grande que la terre, l'effet devroit être très-considérable; mais sa petitesse apparente me fait croire que son corps est beaucoup plus petit que celui de la terre, & par conséquent son effet doit avoir été proportionnellement plus petit. Cependant, lorsque nous vîmes cette comète, elle étoit déjà fort éloignée de nous; dans le tems, où elle étoit le plus près elle nous étoit invisible, & nos antipodes l'auroient vue assez brillante. Ce que je viens de dire sur les dérangemens causés dans le mouvement de la terre, a aussi lieu dans les autres planètes, eu égard à leur masse & à leur proximité. Quant à la lune & aux autres satellites, le principe de leur mouvement est un peu différent. La lune est si près de la terre, que son attraction surpasse beaucoup celle du soleil, quoique la masse du soleil soit plusieurs milliers de fois plus grande que celle de la terre. De-là vient, que le mouvement de la lune suit celui de la terre, & qu'elle lui demeure comme attachée, ce qui fait regarder la lune comme un satellite de la terre. Si la lune avoit été placée beaucoup plus loin de nous, & que l'attraction vers

la terre fut moindre que vers le soleil, la lune seroit devenue une planète principale, & auroit fait ses révolutions autour du soleil; mais à présent la lune est 300 fois plus près de la terre que du soleil, d'où il est aisé de comprendre que l'attraction de la terre peut surpasser celle du soleil. La lune étant principalement attirée par deux forces, celle de la terre & celle du soleil, il est évident que la détermination de son mouvement doit être beaucoup plus difficile que celui des planètes principales, qui n'éprouvent que la seule force du soleil, en faisant abstraction des petits dérangemens dont je viens de parler. Aussi le mouvement de la lune a-t-il de tout tems terriblement embarrassé les astronomes, & jamais ils n'ont pu parvenir à prédire, pour un tems donné, le lieu de la lune au ciel, sans se tromper considérablement. V. A. comprend aisément que pour prédire une éclipse, tant de lune que de soleil, il faut être en état d'assigner exactement le lieu de la lune. Or dans les siècles passés, quand on a voulu calculer quelque éclipse, on s'est trompé souvent d'une heure ou davantage, l'éclipse étant arrivée une heure ou davantage plus tôt ou plus tard qu'on n'avoit trouvé par le calcul. Quelques peines que les anciens astronomes se soient données pour pénétrer le mouvement de la lune, ils sont toujours restés fort éloignés du vrai; ce n'est que depuis que le grand Newton a découvert les véritables forces qui agissent sur la lune,

qu'on s'est approché de plus en plus de la vérité, après avoir vaincu les obstacles qu'on a rencontrés dans cette recherche. J'y avois aussi employé bien du tems, & Mr. Meyer de Göttingue, poursuivant la route que j'avois frayée, est enfin parvenu à un point de précision, qu'on ne sauroit presque pousser plus loin. Ce n'est donc que depuis près de dix ans, qu'on peut se vanter d'avoir assez de connoissance sur le mouvement de la lune. C'est depuis ce tems-là qu'on est en état de calculer les éclipses si exactement, qu'on ne se trompe pas de plus d'une minute, au lieu qu'on s'étoit souvent trompé auparavant de 8 minutes & au-delà. C'est donc à la mécanique qu'on est redevable de cette découverte importante, qui procure les plus grands avantages, non-seulement à l'astronomie, mais aussi à la géographie & à la navigation.

*le 23 Septembre 1760.*

---

## LE T T R E LXII.

LA force attractive des corps célestes s'étend non-seulement au corps entier de la terre, mais à toutes les parties dont elle est composée. Ainsi tous les corps que nous voyons sur la surface de la terre, sont non-seulement attirés à la terre même, d'où résulte leur pesanteur & le poids de chacun en particulier, mais aussi vers

le soleil & vers tous les autres corps célestes, & cela plus ou moins, selon la grandeur de ces corps & leur distance. Or il est évident, que la force dont un corps, une pierre par exemple, est attirée vers la terre, doit être incomparablement plus grande que celle dont ce même corps est attiré vers le soleil, les autres planètes & la lune, à cause de leur grande distance. Un tel corps étant éloigné du centre de la terre par la distance du rayon de la terre, est 60 fois plus éloigné de la lune: si donc la lune étoit aussi grande que la terre, l'attraction vers la lune seroit 60 fois 60, ou 3600 fois plus petite que l'attraction vers la terre, ou la pesanteur du corps; or le corps de la lune est environ 70 fois plus petit que le corps de la terre, d'où la force attractive de la lune devient encore 70 fois 3600, soit 252000 fois plus petite que sa pesanteur. Ensuite, quoique le soleil soit plusieurs milliers de fois plus grand que la terre, il est environ 24000 fois plus éloigné de nous que le centre de la terre, & c'est pourquoi l'attraction du soleil sur une pierre, est extrêmement petite, par rapport à sa pesanteur. V. A. voit donc par-là que la pesanteur des corps terrestres, qui n'est autre chose que la force dont ils sont attirés vers la terre, ne sauroit être sensiblement altérée par l'attraction des corps célestes. Cependant, quelque petite que soit cette attraction, il en résulte un phénomène très-remarquable, qui a toujours extrêmement tourmenté les philosophes :

c'est le flux & le reflux de la mer. On en parle si souvent dans le discours ordinaire, qu'il est devenu presque nécessaire d'en avoir connoissance; & c'est pourquoi je me propose de présenter à V. A. une description détaillée de ce phénomène singulier, & une explication des causes qui le produisent. Je commence donc par la description du phénomène connu sous le nom de *flux* & *reflux* de la mer. On sait que la plus grande partie de la surface de la terre est couverte d'eau, qu'on nomme la Mer ou l'Océan. Ce grand assemblage des eaux est bien différent des rivières & des lacs, qui, suivant les différentes saisons de l'année, contiennent tantôt plus tantôt moins d'eau, pendant que, dans la mer, la quantité d'eau demeure à-peu-près toujours la même. On observe cependant que l'eau de la mer hausse & baisse alternativement deux fois le jour, assez régulièrement. Si, par exemple, dans un port, l'eau se trouve à présent à la plus grande hauteur, elle commencera bientôt à baisser, & cette diminution continue pendant 6 heures, où la hauteur se trouve la plus petite. Elle recommence ensuite à hausser, & cette augmentation dure aussi 6 heures, tems auquel l'eau atteint sa plus grande hauteur. De-là elle baisse de nouveau pendant six heures, & remonte autant de tems; de sorte que dans l'intervalle d'environ 24 heures, l'eau monte & baisse deux fois, & parvient alternativement à la plus grande & à la plus petite hauteur. C'est cette alternative d'augmen-

tation & de diminution de l'eau de la mer, qu'on nomme le flux & reflux de la mer : &, en particulier, le flux marque le tems où l'eau monte ou hausse, & le reflux celui où elle baisse ou diminue. Le flux & reflux ensemble se nomment aussi la *marée*. C'est donc sur cette alternative d'élévation & d'abaissement de l'eau de la mer que j'aurai l'honneur d'entretenir V. A. On remarque d'abord, que la différence entre l'élévation & l'abaissement varie selon la lune. Dans les pleines & nouvelles lunes l'eau hausse plus que dans ses quartiers ; & vers le tems des équinoxes, au mois de Mars & de Septembre, ce mouvement alternatif de la mer est le plus considérable. On y observe aussi une grande différence, selon la situation des côtes. Le flux en quelques endroits ne monte pas au-delà de quelques pieds, tandis que dans d'autres il s'élève jusqu'à 40 pieds & au-delà. C'est au port de Bristol en Angleterre où les marées sont si grandes.

Il est aussi à remarquer que ce phénomène s'observe principalement dans l'Océan, où l'eau a une très-grande étendue, & que dans les mers bornées on resserrées, comme la mer Baltique & la méditerranée, il est peu considérable. L'intervalle du flux au reflux suivant n'est pas aussi précisément de 6 heures, mais environ de 11 minutes de plus, en sorte que les mêmes changemens ne répondent pas le lendemain aux mêmes heures, mais qu'ils arrivent trois quarts d'heure plus tard ; & ce n'est qu'au



qu'au bout de 30 jours qu'ils reviennent à la même heure, ce qui est précisément le tems d'une révolution de la lune, ou d'une nouvelle lune à la suivante.

*le 26 Septembre 1760.*

---

### LETTRE LXIII.

LORSQUE l'eau de la mer s'élève ou devient plus haute en quelqu'endroit, il ne faut pas s'imaginer que l'eau y soit enflée par quelque qualité interne, comme le lait mis dans un vase sur le feu. L'élévation de la mer est causée par un accroissement réel d'eau qui y coule d'autre part. C'est un vrai courant, qu'on remarque fort bien sur mer, qui amène les eaux dans les lieux où le flux arrive. Pour mieux comprendre cela, il faut considérer que, dans la grande étendue de l'Océan, il y a toujours des endroits où l'eau est baïe, pendant qu'elle est haute dans d'autres; & c'est de ces endroits-là qu'elle est transportée dans ceux-ci. Quand donc l'eau s'élève en quelqu'endroit, il y a toujours un courant, qui amène l'eau des autres lieux où elle baisse alors. C'est donc une erreur de s'imaginer, comme quelques auteurs, que, pendant le flux de la mer, la masse totale de l'eau devient plus grande, & diminue pendant le reflux. La masse ou le volume de

*Tom. I.*

Q

la mer entière demeure toujours le même, mais il y règne un mouvement de réciprocation, par lequel l'eau est alternativement transportée de certaines régions dans d'autres; & quand l'eau est haute quelque part, elle est certainement basse quelque autre part, desorte que l'accroissement, dans les lieux où l'eau est haute, est précisément égal au décroissement dans ceux où elle est basse. Ce sont ces phénomènes du flux & reflux de la mer, dont les anciens philosophes ont tâché inutilement de découvrir la cause. Le grand Aristote. en fut si surpris, lorsqu'il étoit aux Indes Orientales avec Alexandre le grand, qu'il voulut suivre la retraite de la mer dans le reflux; mais le retour des eaux suivant le surprit tellement, qu'il en fut noyé, & qu'on n'a pu savoir quelles spéculations il peut avoir faites dans cette funeste expérience. Képler, d'ailleurs grand astronome, & l'ornement de l'Allemagne, a cru que la terre, de même que tous les corps célestes, étoit un véritable animal vivant, & a regardé le flux & le reflux de la mer comme l'effet de sa respiration. Selon ce philosophe, les hommes & les bêtes étoient comme des insectes ou des poux, qui se nourrissoient sur la peau du grand animal. V. A. me dispense aisément de refuter ce sentiment bizarre. Descartes, ce grand philosophe François, a tâché d'introduire plus de lumière dans la philosophie, & a remarqué que le flux & reflux de la mer se régloit principalement sur le mouvement de la lune, ce qui étoit,

sans contredit, une très-grande découverte, quoique les anciens eussent déjà soupçonné cette liaison entre ces deux phénomènes. Car si la haute mer, par exemple, où le flux, arrive aujourd'hui à midi, la mer sera basse à 6 heures 11 minutes du soir; elle montera 22 minutes après minuit, & baissera de nouveau à 6 heures 33 minutes le matin du lendemain; & la haute mer où le flux suivant arrivera trois quarts d'heure après midi du lendemain, de sorte que, d'un jour à l'autre, les mêmes marées retardent de 3 quarts d'heure. Et comme la même chose précisément se trouve dans le mouvement de la lune, qui se lève toujours 3 quarts d'heure plus tard que le jour précédent, il étoit à présumer que les marées suivoient le cours de la lune. Si dans quelque endroit, par exemple, le jour de la nouvelle lune, la haute mer arrive à 3 heures après midi: on peut être assuré qu'à l'avenir, tous les jours de la nouvelle lune, la haute mer arrivera constamment à 3 heures après midi, & que les jours suivans elle retardera toujours de trois quarts d'heure. De plus, non-seulement le tems où chaque flux & reflux arrive, suit exactement la lune, mais la grandeur des marées, qui est variable, se trouve encore dans une liaison très-étroite avec la lune. Les marées sont les plus fortes par-tout après la nouvelle & la pleine lune, c'est-à-dire que, dans ces tems-là, l'élévation de l'eau est plus grande que dans les autres tems; & après le premier & dernier

quartier l'élévation de l'eau pendant le flux est la plus petite. Cette belle harmonie entre les marées & le mouvement de la lune doit sans doute suffire pour conclure que la principale cause du flux & reflux de la mer doit être cherchée dans la lune. Aussi Descartes croyoit-il, que la lune, en passant au-dessus de nous, pressoit l'atmosphère ou l'air qui environne la terre & que l'air pressant sur l'eau à son tour la faisoit baisser ; il auroit donc fallu dans ce cas que l'eau fût basse dans les endroits au-dessus desquels se trouve la lune, & qu'elle fit le même effet 12 heures après dans la marée suivante ; ce qui n'arrive pourtant pas. D'ailleurs la lune est trop éloignée de la terre, & l'atmosphère trop basse, pour que la lune puisse l'atteindre ; & quand la lune ou quelqu'autre grand corps passeroit par l'atmosphère, il s'en faut beaucoup qu'elle en fût pressée, & moins encore la mer ressentiroit-elle cette prétendue pression. Cet effort de Descartes pour expliquer le flux & reflux de la mer, n'a donc point eu de succès ; mais la liaison de ce phénomène avec le mouvement de la lune, que ce philosophe a si bien développée, a mis ses successeurs en état d'y employer plus heureusement leurs lumières. C'est ce dont j'aurai l'honneur de parler dans la suite à V. A.

*le 30 Septembre 1760.*

## L E T T R E L X I V.

LA méthode de Descartes, pour expliquer le flux & reflux de la mer, par la pression de la lune sur notre atmosphère, n'ayant point eu de succès, il étoit plus raisonnable d'en chercher la cause dans l'attraction que la lune exerce sur la terre, & conséquemment aussi sur la mer. La force attractive des corps célestes étant déjà suffisamment constatée par tant d'autres phénomènes, comme j'ai eu l'honneur de le faire voir à V. A. on ne sauroit douter que le flux & reflux de la mer n'en soit la suite. Dès que nous établissons que la lune, ainsi que les autres corps célestes, a la force d'attirer tous les corps en raison de leur masse, & réciproquement en raison du quarré de leur distance, on comprend aisément que la mer, corps fluide, ne sauroit être insensible à l'action de cette force, d'autant plus que V. A. aura pu remarquer souvent, que la moindre force est capable d'agiter un fluide. Il s'agit seulement d'examiner, si la force attractive de la lune, telle que nous la supposons, est capable de produire dans la mer l'agitation que nous connoissons sous le nom de flux & reflux.

Je suppose que la figure ci-jointe *Tab. III. fig. 5.* représente la terre & la lune. *A* est le lieu où l'on voit la lune, au-dessus de la terre. *B* celui directement opposé, où se trouvent

les antipodes; & *C* marque le centre de la terre. Or, puisque le point *A* est plus près de la lune que le point *B*, un corps est plus fortement attiré en *A* vers la lune, qu'un autre corps placé en *B*; & si nous supposons un troisième corps semblable, au centre de la terre *C*, il est clair, que le corps *A* sera plus fortement attiré vers la lune que le corps *C*, & celui-ci que le corps *B*, puisque le corps *A* est plus proche; & que le corps *B* est plus éloigné de la lune que le corps *C*. Mais des corps semblables situés en *E* & en *F* sont presque autant attirés vers la lune, que celui qui se trouve au centre de la terre *C*, puisqu'ils sont à la même distance à-peu-près de la lune que le corps *C*. Nous voyons par-là que les corps de la terre ne sont donc pas tous également attirés vers la lune. L'inégalité d'attraction dépend de l'inégalité de leur distance au centre de la lune *L*, de sorte qu'un corps de la terre est d'autant plus fortement attiré par la lune, qu'il en est plus proche, & que l'attraction est d'autant plus petite, qu'il en est plus éloigné. C'est à cette inégalité de forces, dont les corps diversement situés sur la terre sont attirés, vers la lune, qu'il faut principalement faire ici attention; car si tous les corps étoient attirés également vers la lune, ils obéiroient également à cette force, & il n'arriveroit aucun dérangement dans leur situation mutuelle. Que *V. A.* se représente plusieurs chariots trainés par des forces parfaitement égales, ils feront leur route

en conservant toujours entr'eux le même ordre & les mêmes distances, mais dès que quelques-uns marcheront plus vite, & d'autres plus lentement, l'ordre sera dérangé. Il en est de même des divers corps de la terre, qui sont attirés par la lune. Si ces corps étoient tous également attirés, ils conserveroient entr'eux la même situation, & nous n'y appercevrions aucun changement; mais dès que les forces, dont ils sont attirés à la lune, seront inégales, leur ordre & leur situation seront changés, si ces corps ne sont pas attachés entr'eux par des liens que ces forces ne pourroient rompre, ce qui ne sauroit arriver dans un fluide, tel que la mer, parce que tout fluide a nécessairement la propriété, que toutes ses parties se séparent aisément les unes des autres, & que chacune peut obéir librement aux impressions qui l'agitent. Il est donc clair, que, dès que les forces qui agissent sur les diverses parties de la mer ne sont pas égales entr'elles, il doit naître une agitation & un dérangement dans son assiette ordinaire. On vient de voir, que les diverses parties de la mer sont attirées inégalement vers la lune, suivant qu'elles sont inégalement éloignées de son centre; la mer doit donc être agitée par la force de la lune qui changeant continuellement de situation à l'égard de la terre, & faisant sa révolution autour d'elle en 24 heures & trois quarts environ, fait éprouver à la mer les mêmes changemens & les mêmes phénomènes, après l'in-

tervalle de 24 heures & trois quarts, ou que le flux & reflux doivent retarder d'un jour à l'autre de trois quarts d'heure, ce qui est d'accord avec l'expérience. Il s'agit de montrer à présent comment l'élévation & la dépression alternative de la mer, qui succèdent par un intervalle de 6 heures & 11 minutes, résultent de l'inégalité des forces de la lune; c'est ce que je me propose d'examiner dans la suite.

le 4 Octobre 1760.

---

## LET TRE LXV.

V. A. vient de voir, que la lune ne cause aucune altération à l'état de la terre, qu'autant qu'elle agit inégalement sur ses différentes parties. La raison en est que, si toutes ses parties éprouvoient la même action, elles en feroient également entraînées, sans qu'il en résultât aucun changement dans leur situation.

Mais un corps *Tab. III. fig. 5.* étant en *A*, plus proche de la lune que le centre de la terre *C*, y est plus fortement attiré qu'un corps en *C*: il en approchera donc plus vite que le corps en *C*. Il en résulte nécessairement, que le corps *A* s'éloigne du centre *C* vers la lune; comme s'il y avoit deux chariots en *A* & en *C*, & que le chariot en *A* fût tiré vers *L* avec plus de force que celui qui est en *C*, le chariot *A*



s'éloigneroit du chariot *C*. C'est ainsi que la force de la lune tend à éloigner le point *A* du centre *C*. Or éloigner un corps du centre de la terre, c'est l'élever; & puisqu'il s'agit ici de l'eau qui seroit en *A*, il est certain que la force de la lune tend à élever l'eau qui est en *A*, par une force égale à l'excès dont le point *A* est plus fortement attiré vers la lune que le centre *C*. C'est donc par cette force que la lune élève les eaux qui se trouvent sur la terre immédiatement au-dessous d'elle. Considérons à présent aussi un corps en *B*, opposé directement au point *A*. Ce corps moins attiré par la lune qu'un corps pareil situé au centre de la terre *C*, ce centre s'approchera plus de la lune que le point *B*, qui restera, pour ainsi dire, en arrière, ainsi qu'un chariot qui marcheroit plus lentement que celui qui le précède. Il en résultera, que le point *B* s'éloignera du centre *C*, & s'élèvera, puisque s'éloigner du centre de la terre n'est autre chose que s'élever. Il est donc évident que la force de la lune tend à élever les eaux, non-seulement celles qui se trouvent en *A*, mais celles qui sont directement opposées en *B*, & celles-ci par une force égale à la différence dont le point *B* est moins attiré vers la lune que le centre *C*. Or ceux qui sont en *A*, ont directement la lune au-dessus d'eux, ou dans leur Zenith; & ceux en *B* ne voient point du tout la lune, qui occupe alors un lieu dans le ciel directement opposé à leur Zenith, nommé *Nadir*. On com-

prend donc, qu'en quelqu'endroit de la mer que ce soit, l'eau doit s'élever, tant, lorsque la lune se trouve au Zénith de l'endroit, qu'à son Nadir, où quand la lune se trouve le plus élevée au-dessus de l'horizon, & quand elle est le plus au-dessous du même horizon. Dans les tems intermédiaires, que la lune est à l'horizon en se levant ou se couchant, elle n'exerce aucune force capable d'élever la mer; une petite force contraire tend même alors à la faire baisser. Suivant ce système, dans l'endroit de la mer où la lune est au Zenith, sa force tend à élever l'eau; environ 6 heures après, lorsqu'elle est parvenue à l'horizon, sa force tend à la faire baisser. Douze heures 22 minutes ensuite, la lune se trouvant à la plus grande profondeur au-dessous de l'horizon, exerce la même force pour élever l'eau, & 18 heures 33 minutes encore après, elle remonte sur l'horizon, en faisant baisser l'eau, jusqu'à ce qu'enfin, après 24 heures & 45 minutes depuis le premier terme, elle retourne au Zenith du ciel, où elle recommence à élever l'eau comme le jour précédent: & c'est ce qui s'accorde parfaitement avec les expériences. Ces alternatives d'élévations & de dépressions de la mer, par intervalles de 6 heures & 11 minutes, ayant une si grande conformité avec le mouvement de la lune, ne laissent pas douter que le flux & reflux de la mer ne soit causé par la force attractive de la lune. Une circonstance bien remarquable, est, que la lune agit

également sur la mer en l'élevant, soit qu'elle se trouve à la plus grande hauteur au-dessus de l'horizon, ou à la plus grande profondeur au-dessous. Ce qui a paru d'abord fort étrange aux philosophes, qui s'imaginoient que la lune devoit produire sous l'horizon un effet contraire à celui qu'elle produit au Zenith; mais V. A. verra très-clairement, que la lune produit le même effet dans ces deux positions directement opposées; puisque j'ai démontré dans la figure ci-dessus, que l'effet de la lune est le même en *A* qu'en *B*.

*le 7 Octobre 1760.*

---

## LE T T R E L X V I.

**S**UR ce que j'ai eu l'honneur de dire à V. A. du flux & reflux de la mer, elle verra que le système de Newton, que j'ai suivi, est directement contraire à celui de Descartes. Suivant ce dernier, la lune agit par pression, & la mer devoit baisser aux endroits situés directement sous elle; mais selon Newton, elle agit par attraction, & fait élever l'eau dans les mêmes lieux. L'expérience décideroit donc, lequel de ces deux systèmes pouvoit être admis. Il ne faudroit que consulter les observations faites à l'égard de l'Océan, & voir si l'eau monte ou descend, quand la lune s'y

trouve au Zenith. On y a effectivement eu recours, mais on a remarqué que, quand la lune se trouve au Zenith ou au Nadir d'un lieu donné, l'eau n'y est ni haute ni basse, & que la haute mer n'arrive que quelques heures après que la lune a passé par le Zenith; d'où, gens qui n'examinent pas les choses à fonds, ont d'abord tiré la conclusion, que ni l'un ni l'autre des deux systèmes n'étoit recevable; & les Cartesiens en ont tiré avantage, croyant que si celui de Newton étoit rejeté, celui de Descartes devoit nécessairement être admis, quoique l'observation rapportée soit autant contraire au système de Descartes, qu'elle paroît l'être à celui de Newton. Mais le système de Descartes est renversé par ce seul phénomène, que la mer se trouve toujours dans le même état après un terme de 12 heures 22 minutes, ou qu'il est toujours le même, soit que la lune se trouve au-dessus ou au-dessous de l'horizon; & qu'il est impossible à ses défenseurs de montrer comment, la lune étant sur les têtes de nos antipodes, peut produire le même effet que quand elle se trouve au-dessus des nôtres. On le voit *Tab. III. fig. 6.*

L'expérience prouve, que l'état de l'eau en *A* reste le même; soit que la lune se trouve en *M*, son Zenith, ou en *N*, Nadir de *A*, & par conséquent Zenith des antipodes en *B*. L'effet de la lune sur l'eau en *A* est donc le même dans l'un & l'autre cas. Mais si la lune agit par pression, comme Descartes le prétend,

il faut que la lune étant en  $M$ , fasse baisser l'eau en  $A$ , & si elle est en  $N$ , il est impossible que l'eau éprouve la même pression en  $A$ . Dans le système d'attraction, au contraire, il est incontestable, que l'action de la lune doit être à-peu-près la même, soit que la lune se trouve en  $M$  ou en  $N$ , & c'est ce que font voir les observations. Je dois répéter ici une explication précédente, parce qu'elle est de la dernière importance. Lorsque la lune est en  $M$ , le point  $A$  est plus près d'elle que le centre  $C$ : il est donc plus fortement attiré que le centre  $C$ : le point  $A$  s'éloignera donc du centre: il s'élèvera donc: donc la lune étant en  $M$  tend à élever les eaux en  $A$ . Voyons à présent ce que fera la lune en  $N$ , où elle parvient 12 heures & 22 minutes après avoir été en  $M$ . Puisque le point  $A$  est plus éloigné de la lune en  $N$  que le centre  $C$ , il y fera plus faiblement attiré: le centre  $C$  s'avancera donc plus vite vers  $N$  que le point  $A$ ; donc la distance  $AC$  deviendra plus grande; le point  $A$  sera donc plus éloigné du centre  $C$ ; or s'éloigner du centre de la terre, c'est monter: par conséquent la lune étant en  $N$ , fait monter le point  $A$ , ou tend à élever les eaux en  $A$ , comme si la lune étoit en  $M$ . L'expérience forme cependant ici une grande objection, puisqu'on observe que la lune étant en  $M$ , ou en  $N$ , l'eau ne se trouve pas à sa plus grande élévation en  $A$ : elle n'y arrive que quelque tems après; ce qui a fait rejeter tout-à-fait cette explication par

quelques personnes. Mais V. A. comprendra facilement, que leur jugement est précipité. Je n'ai pas dit, que, quand la lune est en *M* ou en *N*, les eaux se trouvent à la plus grande hauteur en *A*; j'ai dit simplement, que la force de la lune tend alors à faire monter les eaux. Or les eaux ne sauroient monter en *A*, que leur quantité ne soit augmentée: il faut donc qu'elles y coulent d'autres endroits, & même fort éloignés: il faut du tems pour qu'une quantité d'eau suffisante se soit accumulée: il est donc très-naturel que la haute mer en *A* ne doit arriver que quelque tems après que la lune fera passée par *M* ou *N*. Il s'en faut donc beaucoup que cette observation renverse notre système; elle le confirme au contraire. Il n'est pas douteux que la force, qui tend à élever la mer, doit précéder sa plus grande élévation, & même d'un tems assez considérable, puisque les eaux doivent y couler d'endroits fort éloignés, c'est-à-dire, de ceux où l'eau doit être basse, quand elle est haute en *A*. Si les eaux doivent passer par des détroits, ou qu'elles rencontrent d'autres obstacles dans leur courant, la haute mer fera d'autant plus retardée; & si, dans l'Océan, la haute mer arrive en *A* deux heures après que la lune a passé par *M* ou *N*, elle n'arrive que trois ou plusieurs heures après dans des mers plus resserrées: ce qui s'accorde parfaitement avec les observations.

le 11 Octobre 1760.

## L E T T R E L X V I I .

V. A. ne doit plus douter que le flux & reflux de la mer ne soit causé par la force attractive de la lune ; mais il reste cette difficulté à lever encore , pourquoi l'agitation de la mer est beaucoup plus considérable au tems de la nouvelle & de la pleine lune , qu'à celui de ses quartiers. Si la lune étoit plus près de la terre lorsqu'elle est nouvelle ou pleine , que quand elle est dans ses quartiers , il n'y auroit point de difficulté , puisque sa proximité augmenteroit sa force. Mais quoique la lune s'approche , tantôt plus , tantôt moins de la terre , la différence seroit toujours trop petite pour occasionner un changement si considérable dans le flux & reflux de la mer. De plus , cette différence ne se règle pas sur les nouvelles & pleines lunes ; & il peut arriver que , la lune étant dans ses quartiers , soit plus près de nous , que lorsqu'elle est pleine ou nouvelle. Il faut donc recourir à une autre cause , capable d'augmenter le flux & reflux de la mer dans les nouvelles & pleines lunes , & de le diminuer dans les quartiers. Le système d'attraction nous montre d'abord que c'est la force attractive du soleil , qui jointe à celle de la lune fournit la solution complète de tous les phénomènes que le flux & reflux de la mer nous présentent. En effet , tout ce

que j'ai exposé sur la force de la lune pour mettre la mer en agitation, est encore applicable au soleil, dont la force attractive agit aussi sur toutes les parties de la terre, en attirant avec plus de force celles qui en sont plus proches que les plus éloignées. La force du soleil est même beaucoup supérieure à celle de la lune, puisqu'elle règle principalement le mouvement de la terre, & lui fait parcourir son orbite. Quant à l'agitation qu'elle occasionne dans la mer, elle dépend de l'inégalité de ces forces, en tant que les points de la surface de la terre sont plus ou moins attirés vers le soleil que son centre, ainsi que je l'ai déjà fait voir en expliquant l'action de la lune. Si toutes les parties de la terre étoient attirées également, il ne résulteroit aucun changement dans leur situation mutuelle. Mais quoique la force du soleil soit beaucoup supérieure à celle de la lune, l'inégalité, par rapport aux diverses parties de la terre, est néanmoins plus petite, par la grande distance du soleil, qui est environ 300 fois plus éloigné de la terre que la lune. La différence qui se trouve entre la force, dont le centre de la terre & les points de sa surface sont attirés vers le soleil, est donc très-petite, & après le calcul, on la trouve près de trois fois inférieure à l'inégalité des forces de la lune : la force attractive du soleil seule seroit donc aussi capable de causer le flux & reflux de la mer, mais environ trois fois plus petit que celui qui est  
causé



causé par la lune. Il est donc évident, que le flux & reflux de la mer est une production compliquée de la force de la lune & de celle du soleil; ou qu'il y a réellement deux marées, causées l'une par la lune & l'autre par le soleil, nommées marée lunaire, & marée solaire. Celle de la lune, à-peu-près trois fois plus grande, suit son mouvement, & retarde d'un jour à l'autre de trois quarts d'heures; & celle qui suit le mouvement du soleil, répondroit toujours aux mêmes heures du jour, si elle existoit seule, ou s'il n'y avoit point de lune. Ces deux marées, la lunaire & la solaire ensemble, produisent donc le flux & reflux de la mer; mais comme l'une & l'autre séparément, font élever & baisser alternativement la mer, quand il arrive que ces deux causes opèrent conjointement à hausser & baisser la mer, son flux & reflux devient d'autant plus considérable; mais quand l'une tend à élever la mer & que l'autre la fait baisser au même endroit, en sorte que leurs effets sont contraires, l'une alors sera diminuée par l'autre, & la marée lunaire le fera par la solaire. Selon donc, que ces deux marées sont d'accord ensemble, ou contraires l'une à l'autre, le flux & reflux sera plus ou moins considérable. Et comme dans les nouvelles lunes le soleil & la lune se trouvent aux mêmes lieux du ciel, leurs effets sont parfaitement d'accord, & le flux & reflux doit être alors le plus grand, étant égal à la somme de deux marées. C'est

ce qui aura lieu encore dans les pleines lunes, lorsque la lune est opposée au soleil, puisque nous savons qu'elle produit le même effet, quoiqu'elle se trouve en deux lieux du ciel directement opposés: le flux & reflux doit donc être le plus grand, dans les nouvelles & dans les pleines lunes. C'est le contraire dans le premier & le dernier quartier de la lune. Lorsque la marée lunaire élève les eaux, la solaire les abaisse, & réciproquement: il est donc clair qu'alors le flux & reflux doit être le plus petit, comme on le voit par les observations. On peut encore démontrer par le calcul, que l'effet de la lune ou du soleil, est un peu plus grand, lorsque ces corps se trouvent dans l'équateur du ciel, ou qu'ils sont également éloignés des deux poles du monde, ce qui arrive au tems des équinoxes, vers la fin des mois de Mars & de Septembre: aussi observe-t-on que les marées sont alors les plus violentes. Il ne reste donc plus aucun doute, que les marées, ou le flux & reflux de la mer, sont causés par la force attractive de la lune & du soleil, en tant que ces forces agissent inégalement sur les diverses parties de la mer; & l'heureuse explication de ce phénomène, qui avoit si fort embarrassé nos ancêtres, confirme pleinement le système d'attraction, ou gravitation universelle, sur lequel est fondé le mouvement de tous les corps célestes.

*le 14 Octobre 1760.*

## L E T T R E L X V I I I .

APRÈS avoir donné à V. A. une idée générale, mais complete, des forces qui produisent les principaux phénomènes dans le monde, & sur lesquelles sont fondés les mouvemens de tous les corps célestes, il est important de considérer plus exactement ces forces que renferme le système d'attraction. On suppose dans ce système que tous les corps s'attirent mutuellement, en raison de leur masse, & relativement à leur distance, suivant la loi que j'ai eu l'honneur d'expliquer à V. A. L'heureuse explication de la plupart des phénomènes de la nature prouve suffisamment, que cette supposition est fondée solidement, & qu'on peut regarder comme le fait le mieux constaté, que les corps s'attirent tous les uns les autres. Il s'agit à présent d'approfondir la véritable source de ces forces attractives, ce qui appartient plutôt à la métaphysique qu'aux mathématiques ; & je ne saurois me flatter d'y réussir aussi bien.

Puisqu'il est sûr, que deux corps quelconques sont attirés l'un vers l'autre, on demande la cause de ce penchant mutuel ; c'est sur quoi les sentimens sont fort partagés. Les philosophes Anglois soutiennent, que c'est une propriété essentielle de tous les corps de s'attirer mutuellement, un penchant naturel qu'ils

ont tous les uns pour les autres, en vertu duquel ils s'efforcent de s'approcher, comme s'ils étoient pourvus de sentiment ou de désir. D'autres philosophes regardent ce sentiment comme absurde, & contraire aux principes d'une philosophie raisonnable. Ils ne nient pas le fait; ils tombent même d'accord qu'il existe des forces qui poussent les corps les uns vers les autres, mais ils soutiennent qu'elles agissent de dehors sur les corps, & qu'elles se trouvent dans l'éther, ou dans cette matière subtile qui environne tous les corps, comme nous voyons qu'un corps plongé dans un fluide peut en recevoir plusieurs impressions qui le mettent en mouvement. Ainsi, suivant les premiers, la cause de l'attraction réside dans les corps mêmes & dans leur propre nature; &, selon les derniers, hors des corps, dans le fluide subtil qui les environne. Dans ce cas le nom d'attraction seroit peu propre, il faudroit dire plutôt, que les corps sont poussés les uns vers les autres. Mais puisque l'effet est le même, soit que deux corps soient poussés ou attirés réciproquement, le nom d'attraction ne doit pas choquer, pourvu qu'on ne veuille pas décider par-là sur la nature même de la cause. Pour éviter toute confusion qui pourroit résulter de la façon de parler, on devroit plutôt dire, que les corps se meuvent comme s'ils s'attiroient mutuellement les uns les autres. On laisseroit alors indécis si les forces qui agissent sur les corps,

réfident dans les corps mêmes ; où hors d'eux. Par cette manière de parler , chaque parti pourroit être content . Arrêtons - nous aux corps que nous rencontrons sur la surface de la terre. Personne ne sauroit douter, que tous ces corps ne tombassent en-bas, dès qu'ils ne seroient plus soutenus ; & c'est sur la véritable cause de cette chute, que roule la question. Les uns disent, que c'est la terre qui attire ces corps, par une force qui lui appartient en vertu de sa nature ; les autres, que c'est l'éther, ou quelqu'autre matière subtile & invisible, qui pousse les corps en-bas, de sorte que l'effet est néanmoins le même dans l'un & l'autre cas. Ce dernier sentiment plaît davantage à ceux qui aiment des principes clairs dans la philosophie, puisqu'ils ne voient pas comment deux corps éloignés l'un de l'autre peuvent agir l'un sur l'autre, s'il n'y a rien entr'eux. Les autres recourent à la Toute-Puissance divine, & soutiennent que Dieu a revêtu tous les corps d'une force capable de s'attirer mutuellement. Quoiqu'il soit dangereux de vouloir disputer sur ce que Dieu auroit pu faire, il est néanmoins certain, que si l'attraction étoit un ouvrage immédiat de la Toute-Puissance divine, sans être fondée dans la nature des corps, ce seroit comme si l'on disoit que Dieu pousse immédiatement les corps les uns vers les autres, & ce seroient des miracles continuels. Supposons, qu'avant la création du monde Dieu n'eût créé que deux

corps éloignés l'un de l'autre; qu'il n'existât absolument rien hors d'eux; & qu'ils fussent en repos; seroit il possible que l'un s'approchât de l'autre, ou qu'ils eussent un penchant à s'approcher? Comment l'un sentiroit-il l'autre dans l'éloignement? Comment pourroit-il avoir un désir de s'en approcher? Ce sont des idées qui révoltent; mais dès qu'on suppose que l'espace entre les corps est rempli d'une matière subtile, on comprend d'abord que cette matière peut agir sur les corps en les poussant: l'effet seroit le même que s'ils s'attiroient mutuellement. Puis donc que nous savons, que tout l'espace entre les corps célestes est rempli d'une matière subtile qu'on nomme l'éther, il semble plus raisonnable d'attribuer l'attraction mutuelle des corps à une action que l'éther y exerce, quoique la manière nous soit inconnue, que de recourir à une qualité inintelligible. Les anciens philosophes se sont contentés d'expliquer les phénomènes du monde par des qualités qu'ils ont nommées occultes, en disant, par exemple, que l'opium fait dormir par une qualité occulte qui le rend propre à procurer le sommeil: c'étoit ne rien dire du tout, ou plutôt vouloir cacher son ignorance; on devroit donc aussi regarder l'attraction comme une qualité occulte, en tant qu'on la donne pour une propriété essentielle des corps: mais comme l'on tâche de bannir aujourd'hui de la philo-

sophie toutes les qualités occultes, l'attraction ne doit point être considérée dans ce sens.

*le 18 Octobre 1760.*

---

## LETTRE LXIX.

LA dispute métaphysique, si les corps peuvent être doués de la force interne de s'attirer les uns les autres, sans être poussés par une force extérieure, ne sauroit être terminée sans une discussion plus particulière sur la nature des corps en général. Comme cette matière est de la dernière importance; non-seulement dans les mathématiques & la physique, mais dans toute la philosophie, V. A. ne trouvera pas mauvais que je m'étende un peu sur ce sujet.

D'abord, on demande ce que c'est qu'un corps? Quelqu'absurde que paroisse cette question, puisque personne n'ignore la différence qu'il y a entre ce qui est corps & ce qui ne l'est pas, il est pourtant difficile d'approfondir les vrais caractères qui constituent la nature des corps. Les Cartésiens disent qu'elle consiste dans l'étendue, & que tout ce qui est étendu est un corps. Ils entendent bien une étendue à trois dimensions, & sont assez bons géomètres, pour savoir qu'une seule dimension, ou une étendue selon la seule longueur, ne donne qu'un

ne ligne, & que deux dimensions, où il n'y a que longueur & largeur, ne forment qu'une surface, qui n'est pas encore un corps. Pour constituer un corps, il faut donc trois dimensions, & tout corps doit avoir une longueur, une largeur & une profondeur ou épaisseur, c'est-à-dire, une étendue à trois dimensions. Mais on demande en même tems, si tout ce qui a cette étendue, est un corps? Ce qui devoit être, si la définition de Descartes étoit juste. L'idée que le peuple se forme des spectres, renferme bien une étendue, & cependant on nie que ce soient des corps. Quoique cette idée soit purement imaginaire, elle sert pourtant à prouver que quelque chose pourroit avoir une étendue, sans être un corps. Outre cela, l'idée que nous avons de l'espace, renferme sans-doute une étendue à trois dimensions, on convient néanmoins que l'espace seul n'est pas un corps; il ne fait que fournir la place que les corps occupent & remplissent. Supposons, que tous ceux qui se trouvent à présent dans ma chambre, & même l'air qui y est, soient anéantis par la Toute-Puissance divine; il y aura encore dans ma chambre la même longueur, largeur, & profondeur, sans qu'il y ait aucun corps. Voilà donc la possibilité d'une étendue qui ne seroit pas corps. Un tel espace sans corps s'appelle un vuide; un vuide est donc une étendue sans corps. Aussi dit-on suivant la superstition du peuple, qu'un spec-



tre a bien une étendue , mais que le corps ou la corporalité lui manque : il est donc clair, qu'il ne suffit pas d'être étendu , & qu'il faut quelque chose de plus encore pour constituer un corps ; d'où suit, que la définition des Cartésiens n'est pas suffisante. Mais qu'est-il requis, outre l'étendue, pour former un corps ? On répond que c'est la mobilité, ou la possibilité d'être mis en mouvement ; car, quoi, qu'un corps soit en repos, & qu'il s'y tienne très-ferme, il seroit pourtant possible de le mouvoir, pourvu qu'il y eût des forces suffisantes. On exclut par-là l'espace de la classe des corps, puisqu'on comprend que l'espace, qui ne sert qu'à recevoir les corps, reste immobile, quelque mouvement que puissent avoir les corps qu'il contient. On dit aussi que, par le mouvement, les corps sont transportés d'un lieu dans un autre ; par où l'on donne à entendre que les lieux & l'espace demeurent inaltérables : cependant ma chambre, avec le vuide que j'ai supposé ci-dessus, pourroit bien être mue, & l'est bien effectivement, puisqu'elle suit le mouvement qui emporte la terre elle-même ; voilà donc un vuide en mouvement sans être corps. Aussi la superstition accorde-t-elle du mouvement aux spectres, & cela suffit pour prouver, que la mobilité & l'étendue ne constituent pas seules la nature du corps. Il faut quelque chose de plus ; il faut de la matière pour constituer un corps ; ou plutôt c'est elle qui distingue un corps

réel d'une simple étendue ou d'un spectre. Nous voilà donc réduits à expliquer ce que c'est que la matière, sans que l'étendue ne fauroit être corps. Or la signification de ces deux termes est tellement la même, que tout corps est matière, & que toute matière est corps, ainsi nous ne sommes guères avancés. On découvre cependant aisément un caractère général, qui convient à toute matière, & par conséquent à tout corps; c'est *l'impénétrabilité*, l'impossibilité d'être pénétré par d'autres corps, ou l'impossibilité que deux corps occupent à la fois la même place. En effet, c'est l'impénétrabilité qui manque au vuide ou aux spectres, pour n'être pas corps, & si un spectre, quelque imaginaire qu'il soit, étoit impénétrable, c'est-à-dire, si on ne pouvoit y passer la main, sans rencontrer quelques obstacles, on n'hésiteroit pas de le ranger dans la classe des corps; mais dès qu'on le regarde comme pénétrable, on nie sa corporalité. Peut-être objectera-t-on, qu'on passe bien la main à travers l'eau & l'air, qui sont pourtant reconnus pour corps; ce seroient donc des corps pénétrables, & l'impénétrabilité ne feroit plus un caractère nécessaire des corps. Mais il faut bien remarquer que, quand on passe la main par l'eau, les particules de l'eau cèdent à la main, & qu'où est la main, il n'y a plus d'eau. Si la main pouvoit traverser l'eau, sans que l'eau lui cédât la place, en restant dans le même lieu où se trouve la main,

alors elle seroit pénétrable; mais il est clair que cela n'arrive point. Les corps sont donc très-impénétrables, un corps exclut donc toujours du lieu qu'il occupe tout autre corps, & dès qu'un corps entre dans une place, il faut absolument que celui qui l'occupoit la quitte. C'est ainsi qu'il faut entendre le terme d'impénétrabilité.

*le 21 Octobre 1760.*

---

## LETTRE LXX.

V. A. m'objectera peut-être, contre l'impénétrabilité des corps, l'exemple d'une éponge, qui, plongée dans l'eau, en paroît entièrement pénétrée; mais il s'en faut bien, que les particules de l'éponge le soient tellement, qu'une particule d'eau occupe la même place avec une particule de l'éponge. On fait plutôt, que l'éponge est un corps très-poreux, & qu'avant d'être mise dans l'eau, ses pores sont remplis d'air; dès que l'eau entre dans les pores de l'éponge, l'air en est chassé; & monte en forme de petites bulles, desorte que, dans ce cas, il n'arrive aucune pénétration, ni de l'air par l'eau, ni de l'eau par l'air, celui-ci s'échappant toujours des lieux où l'eau entre. C'est donc une propriété générale & essentielle de tous les corps, d'être impénétrables; & par conséquent on doit convenir de

la justesse de cette définition : qu'un corps est une étendue impénétrable, puisque non-seulement tous les corps sont étendus & impénétrables, mais aussi réciproquement, que tout ce qui est en même tems étendu & impénétrable, est sans contredit un corps. Le vuide est exclu par-là de la classe des corps; car quoiqu'il ait de l'étendue, l'impénétrabilité lui manque, & où il y a du vuide, on peut y mettre des corps, sans que rien soit chassé de sa place; & on n'exclut un spectre, quoiqu'imaginaire de la classe des corps, que parce qu'il est pénétrable; car dès qu'on s'imagineroit qu'il fût impénétrable, on devroit lui accorder une place parmi les corps. Il faut encore lever une autre difficulté qu'on fait contre l'impénétrabilité des corps. Il y a, dit-on, des corps qui se laissent comprimer dans un moindre espace, comme par exemple la laine, & sur-tout l'air, que nous savons qu'il se laisse comprimer dans un espace jusqu'à mille fois plus petit. Il semble donc, que les diverses particules d'air sont réduites dans le même lieu, & que par conséquent elles se pénètrent mutuellement; il n'en est rien cependant, car l'air est aussi un corps, ou une matière remplie de pores vuides, ou pleins de ce fluide incomparablement plus subtil, qu'on nomme l'éther. Dans le premier cas, il ne se fera aucune pénétration, puisque les particules d'air ne font que s'approcher davantage entr'elles, en diminuant les vuides; & dans l'autre cas, l'éther trouve

assez de petits passages pour échapper, quand les pores sont comprimés, & que les particules d'air s'approchent; toujours cependant sans se pénétrer mutuellement. C'est pourquoi il faut employer une plus grande force, quand on veut comprimer l'air davantage : & s'il étoit possible de le comprimer au point que toutes ses particules se touchassent, il ne le fera pas de le comprimer davantage, quelque force qu'on voulût y employer; parce qu'une plus grande compression demanderoit la pénétration de la propre matière de l'air. C'est donc une loi nécessaire & fondamentale dans la nature, que deux corps ne sauroient se pénétrer mutuellement, ou être réduits dans le même lieu; & c'est d'après ce principe qu'il faut chercher la véritable source de tous les mouvemens, & des changemens que nous observons dans celui de tous les corps. Dès que deux corps ne sauroient continuer leur mouvement sans se pénétrer, il faut absolument que l'un fasse place à l'autre. Si donc deux corps se meuvent sur une même ligne, l'un à gauche l'autre à droite, comme il arrive souvent au billard, & que chacun continuât son mouvement, ils devroient se pénétrer mutuellement; mais cela étant impossible, dès que deux corps viennent à se toucher, il se fait un choc, par lequel le mouvement de chaque corps est changé presque subitement; & ce choc n'est opéré dans la nature, que pour prévenir la pénétration. Le

mouvement de chaque corps n'est précisément changé, qu'autant qu'il le faut pour empêcher toute pénétration ; & c'est en quoi consiste la véritable cause de tous les changemens qui arrivent dans le monde. Quand on considère attentivement tous ces changemens, on trouve toujours qu'ils ont lieu pour prévenir quelque pénétration, qui auroit dû se faire, sans ces changemens. Au moment que j'écris je remarque, que, si le papier étoit pénétrable, ma plume le traverseroit librement sans écrire ; mais comme le papier soutient la pression de ma plume humectée d'encre, il en reçoit quelques parties qui forment ces lettres ; ce qui n'arriveroit pas, si les corps se pénétoient. Cette propriété de tous les corps, connue sous le nom d'impénétrabilité, est donc, non-seulement de la dernière importance à l'égard de toutes nos connoissances, mais elle contient aussi le grand ressort, par lequel la nature opère toutes ses productions. Elle mérite donc d'être attentivement examinée, pour pouvoir expliquer plus clairement à V. A. la nature des corps, & les principes de tous les mouvemens, qu'on nomme loix du mouvement, tant vantées par les philosophes.

*le 25 Octobre. 1760.*

## L E T T R E L X X I.

Tout corps est en repos, ou en mouvement. Quelqu'évidente que paroisse cette distinction, il est presque impossible de juger si un corps se trouve dans l'un ou l'autre état. Le papier que je vois sur ma table, me semble effectivement en repos; mais quand je réfléchis que la terre entière se meut avec cette grande vitesse que j'ai eu l'honneur d'exposer à V. A. il faut absolument que ma maison, ma table & ce papier, soient emportés par le même mouvement: ainsi tout ce qui nous paroît être en repos, a véritablement le même mouvement que la terre. Il faut donc distinguer entre le véritable repos & le repos apparent. Le *vrai repos* est, lorsqu'un corps demeure constamment dans le même lieu, non par rapport à la terre, mais par rapport à l'univers. Si les étoiles fixes demeuroident toujours aux mêmes lieux de l'univers, elles feroient en repos, quoiqu'elles semblent se mouvoir bien rapidement; mais comme on n'en est pas certain, on ne peut pas dire que les étoiles fixes se trouvent dans un vrai repos. Ce qu'on nomme *repos apparent* est, lorsqu'un corps conserve la même situation sur la terre; on dit alors qu'il est en repos, mais il faut l'entendre d'un repos apparent. Il est à présumer aussi, que ces termes de repos & de

mouvement se sont introduits dans la langue, pour marquer plutôt l'apparence que la vérité: & dans ce sens je puis dire hardiment, que ma table est en repos, de même que toute la terre, & que le soleil & les étoiles fixes sont en mouvement, & même dans un mouvement fort rapide, quoiqu'ils soient peut-être véritablement en repos. Ce feroit donc attribuer aux termes des idées étrangères & purement philosophiques, que de vouloir les confondre avec ceux de vrai repos & de vrai mouvement: & il est fort ridicule d'employer, comme quelques personnes, des passages de l'écriture sainte, pour prouver que la terre est en repos, & le soleil en mouvement. Toutes les langues sont introduites pour l'usage du peuple, & les philosophes sont obligés de se former une langue particulière. Puisque nous ne saurions juger du repos vrai, il est très-naturel que nous jugions en repos les corps qui conservent la même situation à l'égard de la terre, comme il est très-vraisemblable que les habitans des autres planètes jugent aussi du repos, par la même situation à l'égard de leur planète. Nous voyons que ceux qui voyagent par mer, estiment en repos les choses qui conservent la même situation à l'égard de leur vaisseau, & que les côtes qu'ils découvrent, leur semblent être en mouvement; sans qu'on puisse leur faire des reproches sur cette manière de parler. Il y a donc une grande différence entre le repos & le



le mouvement vrais ou absolus, & entre le repos & le mouvement apparens ou relatifs à un corps, qu'on considère alors comme s'il étoit en repos, quoique peut-être il soit en mouvement. Les principes ou loix du mouvement se rapportent principalement à l'état absolu des corps, c'est-à-dire, à leur repos ou à leur mouvement, vrai ou absolu. Pour découvrir ces loix, on commence par considérer un corps seul, abstraction faite de tous les autres, comme s'ils n'existoient point.

Cette hypothèse, quoiqu'impoffible, peut faire distinguer ce qui est opéré par la nature du corps même, de ce que d'autres corps peuvent opérer sur lui. Soit donc un corps seul & en repos; on demande, s'il demeurera en repos, ou s'il commencera à se mouvoir? Comme il n'y a aucune raison qui le porte à se mouvoir d'un côté plutôt que d'un autre, on conclut qu'il demeurera toujours en repos. La même chose doit arriver, supposant l'existence d'autres corps, pourvu qu'ils n'agissent point sur le corps en question; d'où suit cette loi fondamentale: *quand un corps se trouve une fois en repos, & que rien au-dehors n'agit sur lui, il demeurera toujours en repos; & s'il commençoit à se mouvoir, la cause de son mouvement seroit hors de lui, desorte qu'il n'y a rien dans le corps même, qui soit capable de le mettre en mouvement.* Quand donc, nous voyons qu'un corps, qui a été en repos, commence à se mouvoir, nous pou-

vons être assurés que ce mouvement a été causé par une force extérieure, puisqu'il n'y a rien dans le corps même qui soit capable de le mettre en mouvement, & que s'il étoit seul, & sans communication avec d'autres corps, il feroit toujours resté en repos. Quelque fondée que soit cette loi, qui pourroit aller de pair avec les vérités géométriques, il y a des gens peu accoutumés à examiner les choses, qui prétendent que l'expérience lui est contraire. Ils allèguent l'exemple d'un fil auquel pend une pierre, qui est en repos, mais qui tombe dès qu'on coupe le fil. Il est certain, disent-ils, que l'action par laquelle on coupe le fil, n'est pas capable de faire mouvoir la pierre; il faut donc que la pierre tombe par une force qui lui est propre & interne. Le fait est certain, mais il est clair aussi, que la gravité est cause de la chute, & non une force interne dans la pierre. Ils disent encore que la gravité pourroit être une force intrinsèque attachée à la nature de la pierre, sur quoi il faut remarquer, que la gravité est produite, ou par une matière subtile, ou par l'attraction de la terre. Dans le premier cas, c'est certainement cette matière subtile qui cause la chute de la pierre: dans le second, qui paroît favorable à nos adversaires, on ne sauroit dire non plus que la pierre tombe par une force intrinsèque; c'est plutôt la terre qui en contient la cause, & qui opère la chute de la pierre par sa force attractive; car s'il n'y

avoit point de terre, ou que la terre fut dépouillée de sa force attractive, ils conviennent que la pierre ne tomberoit pas. Il est donc certain, que la cause de la chute ne réside pas dans la pierre même : c'est donc toujours une cause externe, soit qu'elle se trouve dans la matière subtile, ou dans la terre, supposé qu'elle soit douée d'une force attractive, comme les partisans de l'attraction le prétendent. Cette difficulté levée, la loi que je viens d'établir subsiste, savoir, qu'un corps, une fois en repos, y demeurera toujours, à moins qu'il ne soit mis en mouvement par quelque cause étrangère. Cette loi doit avoir lieu, pourvu que le corps ait été, pendant un seul instant, en repos, quoiqu'il se soit auparavant trouvé en mouvement; & dès qu'une fois il a été réduit au repos, il conservera toujours cet état, à moins, qu'il ne survienne quelque cause étrangère qui le mette en mouvement. Ce principe étant le fondement de toute la mécanique, il étoit nécessaire de le constater le plus solidement qu'il m'a été possible.

*le 28 Octobre 1760.*

## L E T T R E LXXII.

JE reviens à ce corps placé de manière à n'avoir aucune liaison avec aucun autre. Supposons que ce corps ait reçu quelque mouvement, par quelque cause que ce soit; il s'agit de favoir ce qui lui arrivera dans la suite; continuera-t-il à se mouvoir? Ou restera-t-il en repos, subitement, ou après quelque tems? V. A. doit comprendre que cette question est fort importante, & que toutes les recherches, que nous faisons sur le mouvement des corps, en dépendent. Examinons si, par la voie du raisonnement, nous pouvons parvenir à sa décision. Comme le repos est la demeure d'un corps au même endroit, le mouvement est le passage d'un lieu dans un autre; & lorsqu'un corps passe d'un lieu dans un autre, on dit qu'il est en mouvement. Or il y a deux choses à distinguer en tout mouvement, la direction & la vitesse. La direction est le lieu vers lequel le corps est porté par le mouvement; & la vitesse est la qualité par laquelle on dit qu'il parcourt, dans un certain tems, plus ou moins d'espace. Je suis assuré que V. A. a là-dessus des idées plus justes que je ne pourrois lui en fournir par une plus ample explication. Je remarque seulement que, tant qu'un corps conserve la même direction, il se meut selon une ligne droite; & réciproque-

ment, tant qu'un corps se meut selon une ligne droite, il conserve la même direction : mais quand il se meut suivant une ligne courbe, il change continuellement de direction.

Si donc un corps *Tab. III. fig. 7.* se meut dans la ligne courbe *ABC*, lorsqu'il est en *A*, sa direction est la petite ligne *Aa*; lorsqu'il est en *B*, sa direction est la petite ligne *Bb*: & en *C*, la petite ligne *Cc*. On prolonge alors ces petites lignes, dont les continuations sont marquées par les lignes droites ponctuées *AL*, *BM*, *CN*; & l'on dit, que lorsque le corps passe par *A*, sa direction est la ligne droite *AL*, puisque, si le corps conservoit la même direction qu'il a en *A*, il feroit mû selon la ligne droite *AL*. Il est donc clair qu'il ne se meut par la ligne courbe, qu'autant qu'il change continuellement sa direction. Et quand il parvient en *B*, & en *C*, la direction, dont il s'écarte, est exprimée par les lignes droites *BM* & *CN*.

Quant à la vitesse du mouvement dans un corps, *V. A.* comprend aisément ce que c'est que de conserver toujours la même vitesse : c'est ce qui arrive lorsque le corps se meut toujours également vite, ou qu'il parcourt en tems égaux des chemins égaux. Ce mouvement s'appelle *uniforme*. Ainsi, par exemple; si un corps se meut de manière qu'il parcourre toujours dix pieds pendant chaque seconde, on dit que ce mouvement est uniforme; si un autre corps parcouroit vingt pieds par seconde,

son mouvement seroit aussi uniforme, mais sa vitesse seroit deux fois plus grande que la précédente. De ce que je viens de dire sur le mouvement uniforme, il est aisé de comprendre ce que c'est qu'un mouvement qui n'est pas uniforme; car lorsque la vitesse d'un corps n'est pas égale, son mouvement n'est pas uniforme. En particulier, quand la vitesse d'un corps va en augmentant, son mouvement se nomme *accélééré*; & quand elle diminue continuellement, on dit qu'il est *retardé*. Dans ce dernier cas, il pourroit arriver que la vitesse diminuât tellement, que le corps seroit enfin en repos.

Ces remarques sur la vitesse & la direction établies, je reviens au corps isolé, que je suppose mis en mouvement par quelque cause que ce soit. Lorsqu'il a commencé à se mouvoir, il aura eu une certaine direction & une certaine vitesse; & l'on demande si, dans la fuite, il conservera la même direction & la même vitesse, ou s'il souffrira quelque altération? On ne sauroit dire qu'il sera réduit au repos dès le premier instant; car dans ce cas il n'auroit eu aucun mouvement, tout mouvement supposant une durée, quelque petite qu'elle soit. Or tant que le mouvement dure, il est certain que la direction demeurera la même; en effet, on ne sauroit concevoir pourquoi le corps se détourneroit de sa route d'un côté plutôt que d'un autre; & puisque rien n'arrive sans raison; il s'ensuit que le corps en

question conservera toujours la même direction, ou, que son mouvement se fera sur une ligne droite, ce qui est déjà un grand article pour décider la question. On soutient aussi que la vitesse du corps; dont je parle, ne sauroit changer, parce qu'il faudroit qu'elle augmentât ou qu'elle diminuât; & qu'il n'y auroit aucune raison qui put produire ce changement; d'où l'on conclut, que ce corps continuera à se mouvoir toujours avec la même vitesse, & suivant la même direction, ou qu'il marchera continuellement suivant une ligne droite, sans s'en détourner jamais, & toujours également vite. Ce mouvement se fera donc toujours sur une ligne droite & avec une égale vitesse, sans être jamais ralenti ou retardé; le corps ne sera donc jamais réduit au repos. Ce que j'ai dit d'un corps, que j'ai supposé seul, arriveroit de même à notre globe, si d'autres corps n'y avoient aucune influence, puisqu'il en seroit alors comme s'ils n'existoient pas. Voilà donc la question résolue: un corps en mouvement, le conservera toujours avec la même direction & la même vitesse, à moins qu'il ne survienne quelque cause externe, capable de le troubler dans la continuation de son mouvement. Donc, tant qu'un corps n'est pas soumis à l'action de quelque cause externe, il y demeurera en repos, s'il a été une fois en repos, ou il sera mu suivant une ligne droite toujours avec la même vitesse, s'il a été mis une fois en mouvement;

& c'est là la première & principale loi de la nature, sur laquelle doit être fondée toute la science du mouvement. Nous en tirons d'abord cette conséquence, que toutes les fois que nous voyons un corps qui étoit en repos se mouvoir, ou un corps qui se meut selon une ligne courbe, ou dont la vitesse change, il est certain qu'une cause externe agit sur lui. Il ne sauroit arriver aucun changement, ni dans la direction, ni dans la vitesse, qu'il ne soit opéré par une cause externe.

*le 1 Novembre 1760.*

### LE T T R E LXXIII.

QUELQUE solidement établie que soit la vérité du principe, que tout corps mis en mouvement, continue à se mouvoir avec la même direction & la même vitesse, s'il ne survient pas quelque cause extérieure qui dérange ce mouvement, elle est néanmoins attaquée par quelques philosophes, qui n'ont jamais fait de grands progrès dans la science du mouvement, pendant que ceux à qui nous sommes redevables de toutes les grandes decouvertes qui ont été faites dans cette science, conviennent unanimement, que toutes leurs recherches sont uniquement fondées sur ce principe. Il est combattu par deux sectes de philosophes, dont je vais exposer & refuter les objections.



Les uns disent que tous les corps ont un penchant naturel pour le repos, qui est leur état naturel, & que le mouvement est pour eux un état violent, enforte que, quand un corps est mis en mouvement, il incline par sa propre nature à retourner à l'état de repos; & qu'il fait des efforts pour arrêter le mouvement, sans y être forcé par quelque cause externe ou étrangère. Ils allèguent en preuve l'expérience, si convaincante selon eux, que nous ne connoissons aucun mouvement dans la nature, où l'on ne remarque très-visiblement cette repugnance naturelle. Ne voyons-nous pas, disent-ils, sur le billard, qu'avec quelque force que nous poussions une bille, son mouvement se ralentit assez promptement, & qu'elle rentre bientôt dans le repos. Dès que le mouvement d'une horloge n'est plus entretenu par la force externe dont elle est montée, il s'arrête & reste en repos. On remarque dans toutes les machines en général, que leur mouvement ne dure pas plus long-tems que les forces externes dont elles sont agitées. Ils en concluent que tant s'en faut qu'un corps mis en mouvement le conserve par sa propre nature, qu'il faut, au contraire, employer des forces étrangères pour l'entretenir. V. A. comprend bien que si cette conclusion étoit juste, notre principe seroit renversé de fonds en comble, puisqu'en vertu de ce principe, la bille & les machines mentionnées, une fois mises en mouvement, devroient conserver toujours le même, à moins

que des causes externes n'y occasionnassent quelque changement. Ainsi, dans les expériences rapportées, s'il n'y avoit point de causes externes qui arrêtaient le mouvement, nous serions bien obligés d'abandonner notre principe. Mais si nous faisons attention à tout, nous rencontrons tant d'obstacles qui s'opposent au mouvement, que nous ne saurions plus être surpris qu'ils soient sitôt arrêtés. En effet, c'est premièrement, sur le billard, le frottement qui diminue le mouvement de la bille, qui ne sauroit avancer sans se frotter sur le drap. L'air, ensuite, étant une matière, cause aussi une résistance capable de diminuer le mouvement des corps : pour la sentir & s'en convaincre il ne faut que passer la main fort vite par l'air. Il est donc clair que, sur le billard, c'est le frottement & la résistance de l'air, qui s'opposent au mouvement de la bille, & qui la réduisent bientôt en repos. Or ces causes sont externes, & l'on comprend que, sans ces obstacles, le mouvement de la bille devoit durer toujours. Il en est de même dans toutes les machines, où le frottement qui agit sur les diverses parties est si considérable, qu'il est visiblement une cause très-suffisante pour réduire bientôt la machine au repos. Ayant donc découvert les véritables causes qui opèrent, dans les cas allégués, l'extinction du mouvement ; & que ces causes sont externes & hors du corps en mouvement, il est visiblement faux que les corps aient de leur nature un panchant au repos.

Notre principe subsiste donc, & acquiert même de nouvelles forces par les objections susmentionnées: tout corps conserve donc toujours le même mouvement qu'il a reçu une fois, s'il ne survient pas des causes étrangères, qui en changent la direction ou la vitesse, ou toutes les deux à la fois. Nous voilà donc délivrés d'une partie des adversaires qui attaquoient notre principe.

Les autres sont plus à craindre, puisque ce sont les fameux philosophes Wolfiens. Ils ne se déclarent pas ouvertement contre notre principe, pour lequel ils témoignent même beaucoup de respect; mais ils en avancent d'autres qui lui sont directement opposés. Ils soutiennent que tout corps, en vertu de sa propre nature, fait des efforts continuels pour changer son état; c'est-à-dire, que lorsqu'il est en repos, il fait des efforts pour se mouvoir; & que s'il est en mouvement, il fait des efforts pour changer continuellement de vitesse & de direction. Ils n'allèguent rien en preuve de ce sentiment, si ce n'est quelque raisonnement creux, tiré de leur métaphysique, dont j'aurai occasion de parler un jour à V. A. Je remarque seulement ici, que ce sentiment est contredit par le principe que nous avons si solidement établi, & par l'expérience qui est parfaitement d'accord avec lui. S'il est, en effet, vrai, qu'un corps en repos demeure, en vertu de sa nature, dans cet état, il est sans-doute faux qu'il fasse, en vertu de sa nature, des efforts conti-

nuels pour changer d'état. Et s'il est vrai qu'un corps en mouvement conserve, en vertu de sa nature, ce mouvement avec la même direction & la même vitesse, il ne se peut pas, que ce même corps, en vertu de sa nature, fasse des efforts continuels pour changer son mouvement. Ces philosophes, en voulant soutenir en même tems le vrai principe du mouvement, & leur sentiment absurde, se contredisent donc eux-mêmes, & renversent par là leur propre système de philosophie. Il reste donc incontestable, que notre principe est le plus solidement fondé dans la nature même des corps, & que tout ce qui lui est contraire, doit être banni de la vraie philosophie; & ce même principe nous met en état de la purger de quantité d'illusions. On énonce communément ce principe par deux propositions, dont l'une porte, *qu'un corps une fois en repos demeure éternellement en repos, à moins qu'il ne soit mis en mouvement par quelque cause externe ou étrangère.* L'autre proposition porte, *qu'un corps une fois en mouvement, le conservera éternellement avec la même direction & la même vitesse, ou sera porté d'un mouvement uniforme suivant une ligne droite, s'il n'est pas troublé par quelque cause externe ou étrangère.* C'est en ces deux propositions que consiste le fondement de toute la science du mouvement, nommée mécanique.

le 4 Novembre 1760.

## L E T T R E LXXIV.

COMME on dit qu'un corps, tant qu'il est en repos, demeure dans le même état, on dit aussi d'un corps en mouvement, qu'autant qu'il se meut avec la même vitesse & selon la même direction, il demeure dans le même état. Demeurer dans le même état ne signifie donc autre chose que rester en repos, ou conserver le même mouvement. Cette manière de parler s'est introduite pour énoncer plus succinctement notre grand principe, que tout corps, en vertu de sa nature, se conserve dans le même état, jusqu'à ce qu'une cause étrangère vienne le troubler, c'est-à-dire, mettre le corps en mouvement lorsqu'il est en repos, ou changer son mouvement. Il ne faut pas s'imaginer que la conservation d'état, dans un corps, renferme sa demeure au même lieu : c'est bien ce qui arrive lorsque le corps est en repos ; mais lorsqu'il se meut avec la même vitesse, & selon la même direction, on dit également qu'il demeure dans le même état, quoiqu'il change à tout instant de place. Cette remarque est nécessaire, pour ne pas confondre le changement de place avec celui d'état. Si l'on demande à présent, pourquoi les corps demeurent dans le même état, il faut dire que c'est en vertu de leur propre nature. Tous les corps, en tant que composés de matière, ont

la propriété de demeurer dans le même état, s'ils n'en font pas détourné par quelque cause externe. C'est donc là une propriété fondée dans la nature des corps, par laquelle ils tâchent de se conserver dans *le même état*, soit de repos, soit de mouvement. Cette qualité dont tous les corps sont doués, & qui leur est essentielle, se nomme *inertie*, & leur convient aussi nécessairement que l'étendue & l'impénétrabilité; tellement qu'il seroit impossible qu'il y eut un corps sans inertie. Ce terme *d'inertie* a d'abord été introduit dans la philosophie, par ceux qui soutenoient que tout corps avoit un panchant pour le repos. Ils envisageoient les corps comme des hommes paresseux, qui préfèrent le repos au travail, & attribuoient aux corps une horreur pour le mouvement, semblable à celle que les hommes paresseux ont pour le travail, le terme *d'inertie* signifiant à-peu-près la même chose que celui de paresse. Mais quoiqu'on ait connu depuis la fausseté de ce sentiment, & que les corps se soutiennent dans leur état de mouvement comme dans celui de repos, on a retenu le même mot *d'inertie*, pour marquer en général la propriété de tous les corps de se conserver dans le même état, soit de repos, soit de mouvement. On ne sauroit donc concevoir *l'inertie*, sans une répugnance pour tout ce qui tendroit à faire changer les corps d'état; car puisqu'un corps, en vertu de sa nature, conserve le même état de mouvement ou de repos, & qu'il ne sauroit en être détourné

que par des causes externes, il s'ensuit que, pour qu'un corps change d'état, il faut qu'il y soit forcé par quelque cause étrangère, sans quoi il demeureroit toujours dans le même état. De là vient qu'on donne à cette cause externe le nom de *force* : c'est un terme dont on se sert communément, quoique beaucoup de ceux qui l'emploient n'en aient qu'une idée fort imparfaite. V. A. verra par ce que je viens de dire, que le nom de *force* signifie tout ce qui est capable de changer l'état des corps. Ainsi, quand un corps, qui a été en repos, est mis en mouvement, c'est une force qui a produit cet effet ; & quand un corps en mouvement change de direction ou de vitesse, c'est aussi une force qui a causé ce changement. Tout changement de direction ou de vitesse dans le mouvement d'un corps demande ou une augmentation, ou une diminution des forces. Ces forces sont donc toujours hors du corps dont l'état est changé, attendu que nous avons vu qu'un corps abandonné à lui-même conserve toujours le même état, à moins qu'une force de dehors n'agisse sur lui. Or *l'inertie*, par laquelle le corps tend à se conserver dans le même état, existe dans le corps même, & en est une propriété essentielle. Lors donc qu'une force externe change l'état de quelque corps, *l'inertie*, qui voudroit le maintenir dans le même état, s'oppose à l'action de la force ; & de là on comprend que *l'inertie* est une qualité susceptible de mesure, ou que *l'inertie* d'un corps peut

être plus ou moins grande que celle d'un autre corps. Or les corps sont doués d'inertie, en tant qu'ils renferment de la matière. C'est même de *l'inertie*, ou de la résistance qu'ils opposent à tout changement d'état, que nous jugeons de la quantité d'un corps; ainsi l'inertie d'un corps est d'autant plus grande, qu'il contient plus de matière. Aussi savons nous, qu'il faut plus de force pour changer l'état d'un grand corps que celui d'un petit; & nous en concluons que le grand corps contient plus de matière que le petit. On peut même dire que cette seule circonstance, *l'inertie*, nous rend la matière sensible. Il est donc clair que *l'inertie* est une quantité, & qu'elle est la même que la quantité de matière qu'un corps contient; & puisqu'on nomme aussi la quantité de matière d'un corps sa masse, la mesure de *l'inertie* est la même que la mesure de la masse. Voilà donc à quoi se réduit notre connoissance des corps en général. Premièrement, nous savons que tous les corps ont une étendue à trois dimensions: en second lieu, qu'ils sont impénétrables; & de là résulte leur propriété générale connue sous le nom d'*inertie*, par laquelle ils se conservent dans leur état; c'est-à-dire, que quand un corps est en repos, c'est par son inertie qu'il y demeure, & que quand il est en mouvement, c'est aussi par son *inertie* qu'il continue à se mouvoir avec la même vitesse & selon la même direction; & cette conservation du même état dure jusqu'à ce qu'il survienne  
une



une force extérieure, qui y cause quelque changement. Toutes les fois que l'état d'un corps change, il n'en faut jamais chercher la cause en lui-même; elle existe toujours hors de lui, & c'est la juste idée qu'on doit se former d'une force.

le 8 Novembre 1760.

## LE T T R E L X X V.

LE principe fondamental de la mécanique avec l'idée de *l'inertie* que j'ai eu l'honneur d'expliquer à V. A. nous met en état de raisonner solidement sur quantité de phénomènes qui se présentent dans la nature. En voyant un corps en mouvement, qui marcheroit uniformément selon une ligne droite, c'est-à-dire, qui conserveroit la même direction & la même vitesse, nous dirions que la cause de cette continuation de mouvement ne se trouve pas hors du corps, mais qu'elle est renfermée dans sa nature même, & que c'est en vertu de son *inertie*, qu'il demeure dans le même état: comme, si le corps étoit en repos, nous dirions, que cela se fait en vertu de son *inertie*. Nous aurions aussi raison de dire, que ce corps n'éprouve l'action d'aucune force externe, ou que s'il y en avoit, ces forces se détruisent les unes les autres, de sorte qu'il en seroit comme s'il n'y en avoit point. Si donc l'on demandoit,

Tom. I.

T

pourquoi ce corps continue à se mouvoir de cette manière, la réponse seroit sans difficulté; mais si l'on demandoit, pourquoi ce corps avoit commencé à se mouvoir ainsi? la question seroit tout-à-fait différente. Il faudroit dire que ce mouvement lui a été imprimé par quelque force externe, s'il étoit auparavant en repos; mais il ne seroit pas possible de rien assurer sur la quantité de cette force, puisqu'il n'en reste peut-être plus aucune marque. C'est donc une question assez ridicule, que de demander, qui a imprimé le mouvement à chaque corps au commencement du monde? ou qui étoit le premier moteur? Ceux qui font cette question avouent donc un commencement, & conséquemment une création; & ils s'imaginent que Dieu a créé tous les corps en repos. Or on peut leur répondre, que celui qui a pu créer les corps, a pu leur imprimer le mouvement. Je leur demande à mon tour, s'ils croient plus facile de créer un corps en repos, que d'abord en mouvement? L'un & l'autre demande également la toute-puissance de Dieu, & cette question n'est plus du ressort de la philosophie. Mais dès qu'un corps a reçu le mouvement, il se conserve par sa propre nature, ou par son *inertie*, dans le même état où il doit demeurer inaltérablement, tant qu'il n'est point troublé par quelque cause étrangère, ou par une force. Toutes les fois donc que nous voyons qu'un corps ne demeure pas dans le même état, qu'un corps en repos commence à se mouvoir, ou

qu'un corps en mouvement change de direction ou de vitesse, nous devons dire que ce changement a sa cause hors du corps, & qu'il est causé par une force étrangère. Ainsi, puisqu'une pierre, que je lâche de la main, tombe en bas, la cause de cette chute est étrangère au corps, & ce n'est pas par sa propre nature que le corps tombe; c'est une force étrangère, & celle qu'on nomme gravité: la gravité n'est donc pas une propriété intrinsèque des corps; elle est plutôt l'effet d'une force étrangère, dont il faut chercher la source hors du corps. Cela est géométriquement sûr, quoique nous ne connoissions point ces forces étrangères qui causent la gravité. Il en est de même quand on jette la pierre; on voit bien que la pierre ne se meut pas par une ligne droite, & que sa vitesse ne demeure pas toujours la même. C'est aussi cette force de la gravité, qui change sans cesse dans le corps sa direction ou sa vitesse; sans la gravité, la pierre voleroit suivant une ligne droite, toujours avec la même vitesse, & si la gravité s'évanouïssoit subitement, pendant le mouvement de la pierre, elle continueroit à se mouvoir uniformément selon une ligne droite, & conserveroit la même direction & la même vitesse, qu'elle auroit eue à l'instant où la gravité a cessé d'agir. Mais puisque la gravité dure toujours, & qu'elle agit sur tous les corps, on ne doit pas être surpris, qu'on ne rencontre aucun mouvement, où la direction & la vitesse demeurent les mêmes: le cas

du repos peut bien avoir lieu, quand on tient un corps si fort qu'il le faut pour empêcher sa chute; c'est ainsi que le plancher de ma chambre me soutient & que je ne tombe pas dans la cave. Mais les corps qui nous paroissent en repos, sont emportés par le mouvement de la terre, qui n'étant ni rectiligne, ni uniforme, on ne sauroit dire que ces corps demeurent dans le même état. Aussi, parmi les corps célestes, ne s'en trouve-t-il aucun qui se meuve en ligne droite, & toujours avec la même vitesse: ils changent donc continuellement leur état; & même les forces qui causent ce changement continuel ne nous sont pas inconnues; ce sont les forces attractives dont les corps célestes agissent les uns sur les autres. J'ai déjà remarqué que ces forces pourroient bien être causées par la matière subtile qui environne tous les corps célestes, en remplissant tout l'espace du ciel; mais suivant le sentiment de ceux qui regardent l'attraction comme une force *inhérente* à la matière, cette force est toujours étrangère au corps sur lequel elle agit. Ainsi, quand on dit que la terre est attirée vers le soleil, on avoue que la force qui agit sur la terre ne réside pas dans la terre même, mais qu'elle a sa source dans le soleil; puisqu'en effet, si le soleil n'existoit pas, cette force seroit nulle. Cependant ce sentiment, que l'attraction est essentielle à toute matière, est assujetti à tant d'autres inconvéniens, qu'il n'est presque pas possible de lui accorder place dans une philo-

sophie raisonnable. Il vaut toujours mieux croire, que ce qu'on nomme attraction est une force renfermée dans la matière subtile qui remplit tout l'espace du ciel, quoique nous ne sachions pas comment. Il faut s'accoutumer à convenir de son ignorance sur quantité d'autres choses importantes.

le 11 Novembre 1760.

---

## LETTRE LXXVI.

**A**YANT fait sentir à V. A. la vérité du principe, que tous les corps, par eux-mêmes, se conservent toujours dans le même état de repos ou de mouvement; je remarque, qu'en ne consultant là-dessus que l'expérience, sans approfondir les choses par le raisonnement, on devroit conclure précisément le contraire, & soutenir que les corps ont toujours un penchant à changer continuellement d'état; puisque nous ne voyons dans le monde, qu'un changement continuél dans l'état des corps. Mais nous venons de remarquer les choses qui produisent ces changemens, & nous savons qu'elles ne se trouvent pas dans les corps dont l'état est changé, mais hors d'eux: bien loin donc, que le principe que nous avons établi soit contredit par l'expérience, elle le confirme au contraire. V. A. jugera aisément de là, combien plusieurs

grands philosophes, séduits par cette expérience mal-entendue se trompent en soutenant que tous les corps sont doués de forces qui font changer continuellement leur état. C'est ainsi que le grand Wolf a raisonné : Il disoit ; 1°. l'expérience nous fait voir que tous les corps changent d'état perpétuellement : 2°. Tout ce qui est capable de changer l'état d'un corps , est appelé force : 3°. Donc tous les corps sont doués de la force de changer leur état : 4°. Donc chaque corps fait des efforts continuels pour le changer : 5°. Or cette force ne convient au corps qu'en tant qu'il renferme de la matière : 6°. Donc c'est une propriété de la matière de changer continuellement son propre état : 7°. La matière est un composé d'une multitude de parties , qu'on nomme les élémens de la matière : 8°. Donc , puisque le composé ne fau- roit rien avoir qui ne soit fondé dans la nature de ses élémens , il faut que chaque élément soit doué de la force de changer son propre état. Ces élémens sont des êtres simples ; car s'ils étoient composés de parties , ils ne seroient plus des élémens , mais leurs parties le seroient. Or un être simple est aussi nommé monade ; donc chaque monade a la force de changer continuellement son état. Voilà l'établissement du système des monades , dont V. A. a peut-être déjà entendu parler , quoiqu'il ne fasse plus autant de bruit qu'autrefois ; & j'ai désigné par chiffres les propositions sur lesquelles il est fondé , pour pouvoir mieux y rapporter mes ré-

flexions. Il n'y a rien à dire sur les deux premières ; mais la troisième est fort équivoque, & tout-à-fait fautive dans le sens où on la prend.

Sans vouloir dire que les forces qui changent l'état des corps, proviennent de quelque esprit, je tombe volontiers d'accord, que celles qui changent l'état de chaque corps, subsistent dans les corps, mais dans d'autres corps, & jamais dans celui qui éprouve le changement d'état, qui a plutôt une qualité contraire, celle de se conserver dans le même état. En tant donc que ces forces subsistent dans des corps, on devroit dire que ces corps tant qu'ils ont certaines liaisons entr'eux, peuvent fournir des forces, par lesquelles l'état d'un autre corps est changé. Dès-lors la quatrième proportion est absolument fautive ; & il résulte plutôt de tout ce qui précède, que tout corps est doué de la force de demeurer dans le même état, ce qui est précisément le contraire de ce que ces philosophes en ont conclu. Et je dois remarquer ici, que c'est nommer fort mal à propos, force, cette qualité des corps, par laquelle ils restent dans leur état ; car si l'on comprend sous le mot de force tout ce qui est capable de changer l'état des corps, la qualité, par laquelle ils se conservent dans le leur, est plutôt l'opposé d'une force. C'est donc par abus, que quelques auteurs donnent le nom de force à l'inertie, qui est cette qualité, & qu'ils la nomment *force d'inertie*. Mais pour ne pas

disputer sur les termes, quoique cet abus puisse jetter dans des erreurs fort grossières, je retourne au système des monades; & puisque la proposition n°. 4. est fautive, les suivantes qui en découlent immédiatement, le sont aussi nécessairement; il est donc faux aussi, que les élémens de matière, ou les monades, s'il y en a, soient pourvues de la force de changer d'état. On doit préféablement trouver la vérité dans la qualité opposée, celle de se conserver dans le même état; & par là tout le système des monades est entièrement renversé. Ils cherchoient à ramener les élémens de matière dans la classe des êtres, qui comprend les esprits & les ames, doués sans contredit, de la faculté de changer d'état; car, pendant que j'écris, mon ame se représente continuellement d'autres objets; & ces changemens sont fondés dans mon ame même, & nullement hors d'elle. J'en suis très convaincu; & que je suis le maître de mes pensées; au lieu que les changemens qui arrivent dans un corps, sont l'effet d'une force étrangère. Que V. A. y ajoute encore la différence infinie entre l'état du corps, qui ne renferme qu'une vitesse & une direction, & les pensées de l'ame; & elle sera entièrement convaincue de la fausseté des sentimens des matérialistes, qui prétendent, qu'un esprit n'est que le mélange de quelque matière. Ces gens-là n'ont aucune connoissance de la véritable nature des corps: cependant presque tous les esprits forts adoptent ce faux système.

*le 15 Novembre 1760.*



## L E T T R E LXXVII

IL est fort surprenant sans doute, que si chaque corps a une disposition naturelle à se conserver dans le même état, & à s'opposer même à tout changement, tous les corps du monde changent cependant perpétuellement leur état. Nous savons bien que ce changement ne sauroit avoir lieu que par une force dont l'existence soit hors du corps dont l'état est changé; mais où faut-il donc chercher les forces qui opèrent ces changemens continuels dans tous les corps du monde, & qui soient cependant étrangères au corps? Faudra-t-il donc supposer, outre ces corps qui existent, des êtres particuliers qui renferment ces forces? Ou ces forces mêmes seroient-elles des substances particulières existantes dans le monde? Nous n'y connoissons que deux espèces d'êtres, dont l'une comprend tous les corps, & l'autre tous les êtres intellectuels; savoir les esprits & les âmes des hommes, & celles des animaux: faudroit-il donc établir dans le monde, outre le corps & les esprits, une troisième espèce d'êtres, qui soient les forces? Ou sont-ce les esprits qui changent continuellement l'état des corps? L'un & l'autre renferme trop d'inconvéniens, pour y acquiescer. Quoiqu'on ne puisse pas nier que les âmes des hommes & des bêtes aient le pouvoir de pro-

duire des changemens dans leurs corps, il seroit pourtant absurde de soutenir, que le mouvement d'une bille sur le billard fut retardé & réduit au repos par quelqu'esprit; ou que la gravité fut opérée par un esprit qui poussât sans cesse les corps en bas; & que les corps célestes, qui, dans leur mouvement, changent de direction & de vitesse, soient soumis à l'action des esprits, suivant le système de quelques philosophes de l'antiquité, qui ont assigné à chaque corps céleste un esprit ou un ange qui le conduisoit dans sa route. Or, en raisonnant solidement sur les phénomènes du monde, il faut convenir, qu'à l'exception des corps animés, c'est-à-dire, ceux des hommes & des bêtes, tous les changemens d'état, qui arrivent aux autres corps, sont produits par des causes corporelles auxquelles les esprits n'ont aucune part. Toute la question se réduit donc à examiner, si les forces, qui changent l'état des corps, existent à part, & constituent une espèce particulière d'êtres, ou si elles existent dans le corps? Ce dernier sentiment paroît d'abord fort étrange; car si tous les corps ont le pouvoir de se conserver dans le même état, comment seroit-il possible qu'ils renfermassent des forces qui tendent à le changer? En pesant bien toutes ces difficultés, V. A. ne sera pas surprise que l'origine des forces ait été de tout tems la pierre d'achoppement des philosophes. Tous l'ont regardée comme le plus grand mystère dans la nature, qui se-

ra toujours impénétrable aux mortels. J'espère cependant de présenter à V. A. une explication si claire de ce prétendu mystère, que toutes les difficultés, censées jusqu'ici insurmontables, s'évanouiront entièrement. Je dis dont, & cela doit paroître bien étrange, que cette faculté des corps, par laquelle ils s'efforcent de se conserver dans le même état, est capable de fournir des forces qui changent celui des autres. Je ne dis pas, qu'un corps change jamais son propre état, mais qu'il peut devenir capable de changer celui d'un autre. Pour mettre V. A. en état d'approfondir ce mystère sur l'origine des forces, il suffira de considérer deux corps *Tab. III. fig. 4* comme s'ils existoient seuls au monde.

Que le corps *A* soit en repos, & que le corps *B* ait reçu un mouvement suivant la direction *BA* avec une certaine vitesse. Cela posé, le corps *A* voudroit toujours rester en repos, & le corps *B* voudroit continuer son mouvement selon la ligne droite *BA*, toujours avec la même vitesse; & l'un & l'autre en vertu de son *inertie*. Il arrivera donc que le corps *B* parviendra à toucher le corps *A*; qu'arrivera-t-il alors? Tant que le corps *A* reste en repos, le corps *B* ne sauroit continuer son mouvement sans passer à travers du corps *A*, c'est-à-dire, sans le pénétrer; il est donc impossible que chaque corps se conserve dans son état sans que l'un pénètre l'autre. Mais cette pénétration est impossible, l'impos-

impenétrabilité étant une propriété de tous les corps : étant donc impossible que l'un & l'autre se conserve dans son état, il faut absolument, que le corps *A* commence à se mouvoir pour faire place au corps *B*, afin qu'il puisse continuer son mouvement, ou que le corps *B*, parvenu à toucher le corps *A*, soit réduit subitement au repos, ou que l'état de tous les deux soit changé autant qu'il le faut, pour que l'un & l'autre puisse ensuite demeurer dans le sien, sans se pénétrer mutuellement. Il faut donc absolument que l'un ou l'autre corps, ou tous les deux, souffrent un changement dans leur état; & la cause de ce changement existe infailliblement dans l'impenétrabilité des corps mêmes; puis donc que toute cause capable de changer l'état des corps, est nommée force, c'est nécessairement l'impenétrabilité des corps mêmes qui fournit les forces qui l'opèrent. En effet, puisque l'impenétrabilité renferme l'impossibilité que les corps se pénétrant mutuellement, chaque corps s'oppose à toute pénétration, jusques dans les moindres parties; & s'opposer à la pénétration, n'est autre chose que déployer les forces nécessaires pour l'empêcher: toutes les fois donc que deux ou plusieurs corps ne fauroient se conserver dans leur état sans se pénétrer mutuellement, leur impenétrabilité déploie toujours les forces nécessaires pour le changer, autant qu'il le faut pour qu'il n'arrive aucune pénétration. C'est donc l'impenétrabilité des

corps qui renferme la véritable origine des forces qui changent continuellement leur état en ce monde : & c'est là le vrai dénouement du grand mystère qui a tant tourmenté les philosophes.

*le 18 Novembre 1760.*

---

## L E T T R E LXXVIII.

V. A. vient de faire un très-grand pas dans la connoissance de la nature, par l'explication de la véritable origine des forces capables de changer l'état des corps ; elle peut, à présent, comprendre aisément, pourquoi tous ceux de ce monde sont assujettis à des changemens continuels dans leur état, tant de repos que de mouvement. D'abord, il est sûr que le monde est rempli de matière. Nous savons qu'ici-bas tout l'espace qui se trouve entre les corps grossiers, que nous pouvons toucher, est occupé par l'air, & que quand on le tire de quelqu'espace, c'est l'éther qui lui succède tout de suite ; & qui remplit aussi tout l'espace du ciel entre les corps célestes. Tout étant donc ainsi plein, il est impossible qu'un corps en mouvement le continue un seul instant, sans en rencontrer d'autres à travers lesquels il devrait passer, s'ils n'étoient pas impénétrables. Et puisque cette impénétrabilité des

corps déploye toujours & par-tout des forces pour empêcher toute pénétration, ces forces doivent changer continuellement l'état des corps; il n'est donc point surprenant, que nous observions des changemens continuels dans l'état des corps, non-obstant que chacun d'eux fasse des efforts pour se maintenir dans le même. Si les corps se laissoient pénétrer librement, rien n'empêcheroit que chacun d'eux ne demeurât persévéramment dans son état; mais étant impénétrables, il en doit résulter nécessairement des forces suffisantes pour prévenir toute pénétration; & elles n'en résultent, qu'autant qu'il s'agit d'empêcher que les corps ne se pénétrant. Quand ils peuvent continuer leur état, sans aucune atteinte à l'impénétrabilité, elle n'exerce alors aucune force, & les corps restent dans leur état; ce n'est que pour empêcher la pénétration, que l'impénétrabilité devient active, & fournit des forces suffisantes pour cela. Quand donc une petite force suffit pour empêcher la pénétration, l'impénétrabilité la déploye seule; mais quelque grande que soit la force requise pour éviter la pénétration, l'impénétrabilité est toujours en état de la fournir. Ainsi, quoique l'impénétrabilité fournisse ces forces, on ne sauroit dire qu'elle soit douée d'une force déterminée; elle est plutôt en état de fournir toutes sortes de forces, grandes ou petites, selon les circonstances; elle en est même une source inépuisable. Tant que le corps sont

doués d'impénétrabilité, cette source ne fau-  
roit tarir : il faut absolument que ces forces  
soient excitées, ou que les corps se pénètrent,  
ce qui seroit contraire à la nature. Il faut  
aussi remarquer, que ces forces ne sont ja-  
mais l'effet de l'impénétrabilité d'un seul corps ;  
elles résultent toujours de celle de tous les  
corps à la fois ; car si l'un des corps étoit pé-  
nérable, la pénétration auroit lieu sans qu'il  
fut besoin de force pour changer leur état.  
Quand donc, deux corps concourent ensem-  
ble, & qu'ils ne sauroient demeurer dans leur  
état sans se pénétrer, l'impénétrabilité de tous  
deux s'oppose également à la pénétration ; &  
c'est par eux, conjointement, que la force  
nécessaire pour empêcher la pénétration est  
fournie : on dit alors, qu'ils agissent l'un sur  
l'autre, & la force engendrée par leur impé-  
nétrabilité opère l'action qu'ils exercent l'un  
sur l'autre. Cette force agit sur tous les deux  
à la fois ; car, comme ils voudroient se péné-  
trer mutuellement, elle repousse l'un & l'au-  
tre, & empêche ainsi leur pénétration. Il est  
donc sûr, que les corps peuvent agir les uns  
sur les autres, & l'on parle si souvent de  
l'action des corps, comme l'on dit quand  
deux billes se choquent sur le billard, que l'u-  
ne agit sur l'autre, que cette manière de par-  
ler ne sauroit être inconnue à V. A. Mais il faut  
bien remarquer, qu'en général, les corps n'agis-  
sent les uns sur les autres, qu'autant que leur im-  
pénétrabilité est attaquée d'où résulte une for-

ce capable de changer l'état de chaque corps, précisément autant qu'il le faut, pour qu'il n'arrive aucune pénétration desorte qu'une force moindre ne suffiroit pas pour produire cet effet. Il est bien vrai qu'une force plus grande empêcheroit aussi la pénétration, mais quand le danger que les corps se pénétrant celle, leur impénétrabilité n'agit plus, & il n'en résulte que la plus petite force, qui soit capable d'empêcher la pénétration. Puis donc que la force est la plus petite, l'effet qu'elle produit, c'est-à-dire, le changement d'état qu'elle opère, pour empêcher la pénétration sera proportionel; & conséquemment, quand deux ou plusieurs corps concourent ensemble, enforte que chacun ne sauroit demeurer dans son état sans pénétrer les autres, il y arrive une action mutuelle, qui est toujours la plus petite, qui soit capable d'empêcher la pénétration. V. A. trouvera donc ici contre toute attente le fondement du système de feu Mr. de Maupertuis, si vanté & tant contesté. Son principe est celui de la plus petite action, par lequel il prétend que, dans tous les changemens qui arrivent dans la nature, celle qui les opère est toujours la moindre possible. De la manière que j'ai l'honneur de présenter ce principe à V. A. il est évident, qu'il est parfaitement fondé sur la nature même des corps, & que ceux qui le nient ont grand tort, mais moins encore que ceux qui s'en moquent. V. A. aura peut-être déjà remarqué, que certaines per-



perfonnes peu amies de Mr. de Maupertuis, faifient toutes les occafions de fe moquer du principe de la moindre action, ainfi que du trou jufqu'au centre de la terre; mais heureufement, la vérité n'y perd rien.

*le 22 Novembre 1760.*

## LE T T R E LXXIX.

L'ORIGINE des forces fondée fur l'impénétrabilité des corps, que j'ai eu l'honneur d'expliquer à V. A. ne détruit pas le fentiment de ceux qui foutiennent que l'ame des hommes & celle des bêtes ont le pouvoir d'agir fur leur corps. Rien n'empêche qu'il n'y ait deux efèces de forces, qui caufent tous les changemens dans le monde. L'une, celle des forces corporelles, qui tirent leur origine de l'impénétrabilité des corps; & l'autre, celle des forces fpirituelles, que les ames des animaux exercent fur leur corps; mais cette efèce n'opère que fur les corps animés, que le créateur a fi bien diftingués des autres, qu'il n'eft pas permis en philofophie de les confondre. Mais l'attraction, regardée comme qualité intrinfèque des corps, en reçoit un coup fort rude; car fi les corps n'agiffent les uns fur les autres que pour maintenir leur impénétrabilité, l'attraction ne feroit y être rapportée. Deux

corps éloignés peuvent conserver chacun son état, sans que leur impénétrabilité y soit intéressée, & sans, par conséquent, aucune raison que l'un agisse sur l'autre, même en l'attirant à soi. Alors l'attraction devroit être rapportée à une troisième espèce de forces, qui ne seroient ni corporelles ni spirituelles. Mais il est toujours contre les règles d'une philosophie raisonnable, d'introduire une nouvelle espèce de forces, avant que leur existence soit incontestablement démontrée. Il faudroit avoir, pour cela, prouvé sans réplique, que les forces dont les corps s'attirent mutuellement, ne sauroient tirer leur origine de la matière subtile qui les environne; mais cette impossibilité n'est point encore prouvée. Il semble au contraire que le créateur ait rempli exprès tous les espaces du ciel d'une matière subtile, pour donner naissance à ces forces, qui poussent les corps les uns vers les autres, conformément à la loi établie ci-devant sur leur l'impénétrabilité. En effet, la matière subtile pourroit bien avoir un mouvement tel, qu'un corps qui s'y trouve ne sauroit conserver son état sans en être pénétré, & il faudroit bien alors que cette force fût tirée tant de l'impénétrabilité de la matière subtile, que de celle du corps même. S'il y avoit un seul cas au monde, où deux corps s'attirent sans que l'espace entr'eux fût rempli d'une matière subtile, il faudroit bien admettre la réalité de l'attraction; mais ce cas n'exis-

te point; & par conséquent on a raison d'en douter, & même de la rejeter. Nous ne connoissons donc que deux sources de toutes les forces qui opèrent ces changemens, l'impénétrabilité des corps & l'action des esprits. Les sectateurs de Wolf rejettent aussi cette dernière, & soutiennent qu'aucun esprit ou substance immatérielle ne peut agir sur un corps: & ils sont fort embarrassés, quand on leur dit que, selon eux, Dieu même, qui est un esprit, n'auroit pas le pouvoir d'agir sur les corps, ce qui sentiroit fort l'athéisme. Aussi n'y donnent-ils que cette réponse bien froide, que c'est par l'infinité, que Dieu peut agir sur les corps: mais s'il est impossible à un esprit, en tant qu'esprit, d'agir sur les corps, cette impuissance réjaillit nécessairement sur Dieu même. Et qui pourroit nier que notre ame n'agisse sur notre corps. Je suis tellement le maître de mes membres, que je puis les mettre en action à mon gré. La même chose peut se dire aussi des bêtes: & comme suivant le système de Descartes, dont on a raison de se moquer, les bêtes ne sont que des machines sans aucun sentiment, semblables à une montre, suivant les Wolfiens les hommes, ne sont aussi que de simples machines.

Ces mêmes philosophes, dans leurs spéculations, vont aussi jusqu'à nier la première espèce de forces, dont ils ne connoissent rien. Car ne pouvant comprendre comment un corps agit sur un autre, ils en nient l'action

hardiment, & soutiennent que tous les changemens qui arrivent dans un corps, sont causés par ses propres forces. Ce sont les mêmes philosophes, dont j'ai déjà eu l'honneur de parler à V. A., qui nient le premier principe de la mécanique sur la conservation du même état; ce qui suffit pour renverser tout leur système. Leur égarement, comme je l'ai déjà remarqué, provient de ce qu'ils ont commencé à mal raisonner sur les phénomènes que les corps du monde nous présentent. Ils ont conclu avec précipitation, de ce qu'on voit presque tous les corps changer continuellement leur état, qu'ils renferment en eux-mêmes des forces, par lesquelles ils s'efforcent sans-cesse à le changer, & ils auroient dû en conclure le contraire. C'est ainsi qu'en ne considérant les choses que superficiellement, on se précipite dans les erreurs les plus grossières. J'ai déjà fait sentir à V. A. le défaut de ce raisonnement; mais une fois tombés dans cette erreur, ils se sont livrés aux idées les plus absurdes. Ils ont d'abord transféré ces forces internes aux premiers élémens de la matière, qui selon eux font des efforts continuels pour changer leur état, & en ont conclu, que tous les changemens auxquels chaque élément est assujetti, sont produits par sa propre force, & que deux élémens, ou êtres simples, ne sauroient agir l'un sur l'autre. Cela posé, les esprits étant des êtres simples, il falloit les dépouiller de tout

pouvoir d'agir sur les corps (ils en exceptent pourtant l'être suprême) & ensuite, puisque les corps sont composés d'êtres simples, ils ont été obligés de nier aussi que les corps puissent agir les uns sur les autres. On avoit beau leur objecter le cas des corps qui se choquent, & le changement de leur état qui en est la suite ; trop entêtés de la solidité de leur raisonnement pour l'abandonner, ils aiment mieux dire, que chaque corps, par sa propre nature, opère le changement qui lui arrive, & que le choc n'y fait rien ; que ce n'est qu'une illusion, qui nous fait croire que le choc en est la cause ; & finissent par vanter beaucoup la sublimité de leur philosophie, que le vulgaire ne sauroit comprendre. V. A. est en état à présent d'en porter un jugement très-juste.

*le 25 Novembre 1760.*

*Fin du premier Volume.*

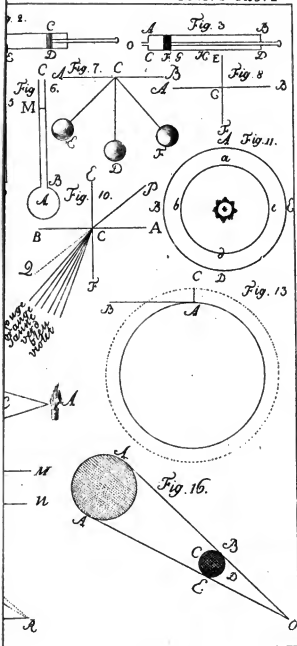




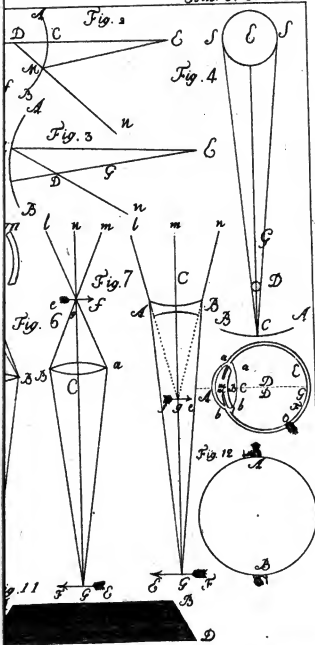


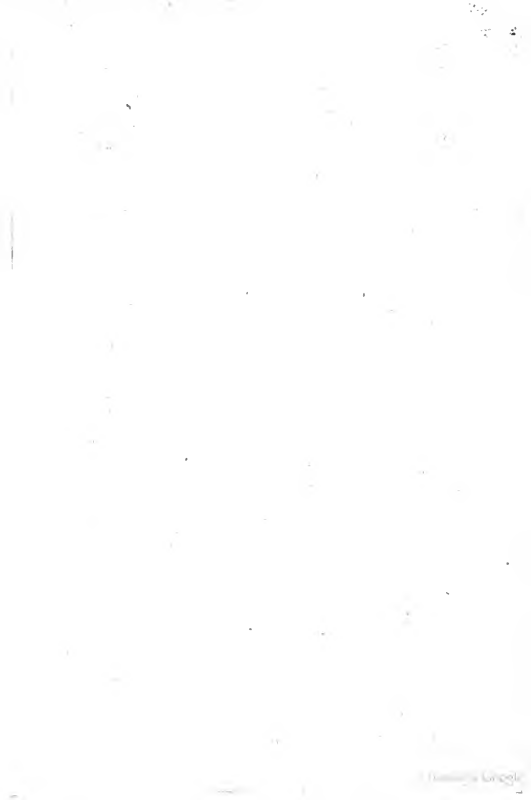






1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65  
66  
67  
68  
69  
70  
71  
72  
73  
74  
75  
76  
77  
78  
79  
80  
81  
82  
83  
84  
85  
86  
87  
88  
89  
90  
91  
92  
93  
94  
95  
96  
97  
98  
99  
100





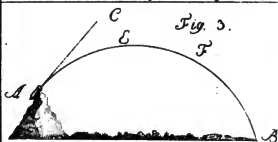


Fig. 4.

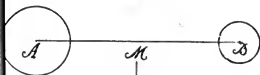


Fig. 6.

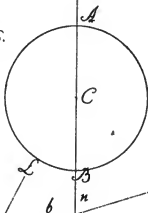
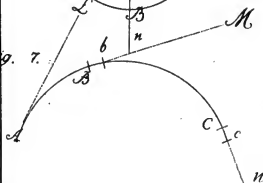


Fig. 7.



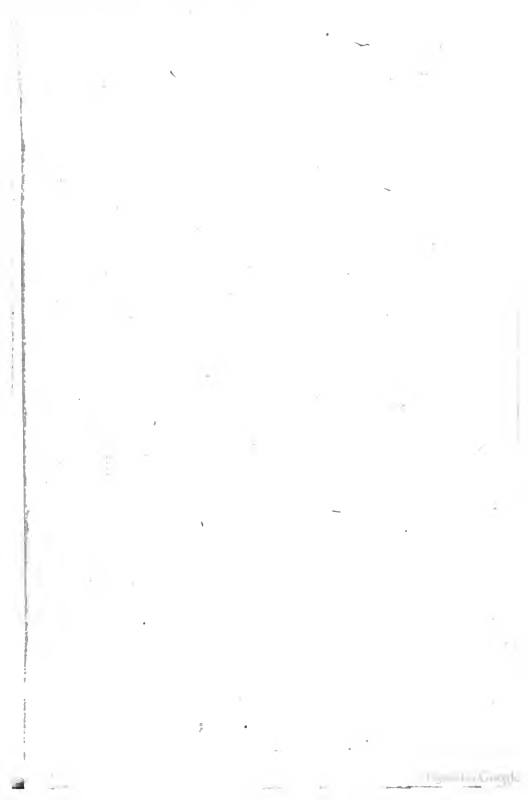
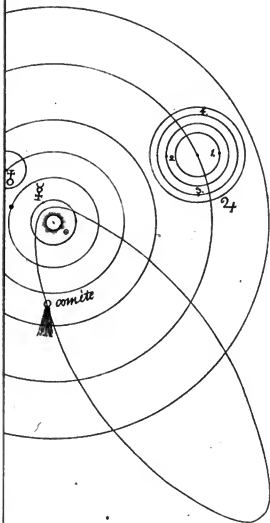
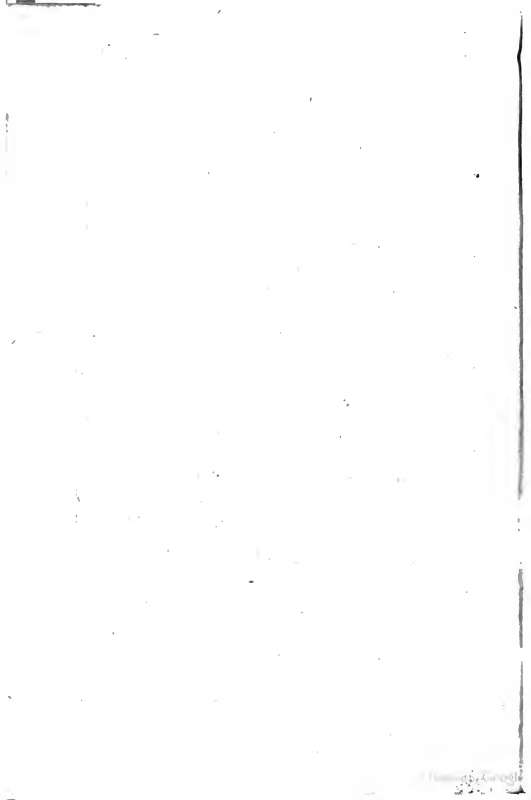
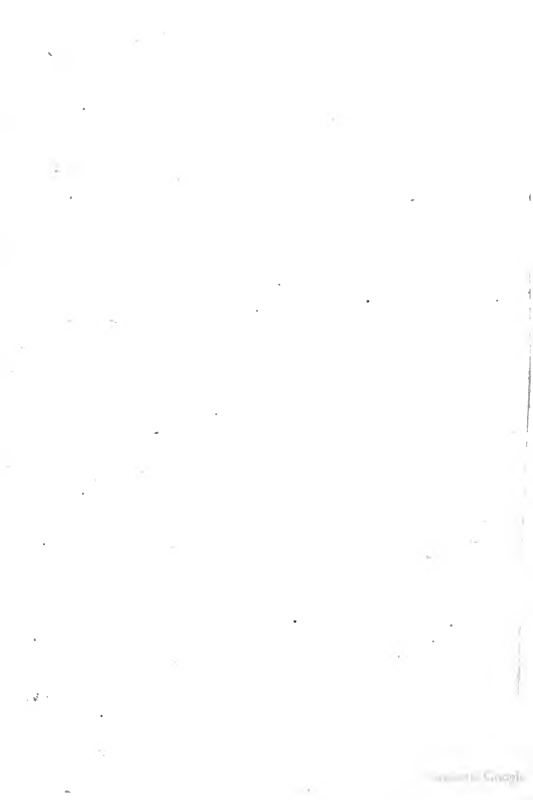


Fig. 1.









1722: 16



